

1. Introducere în Electronics Workbench

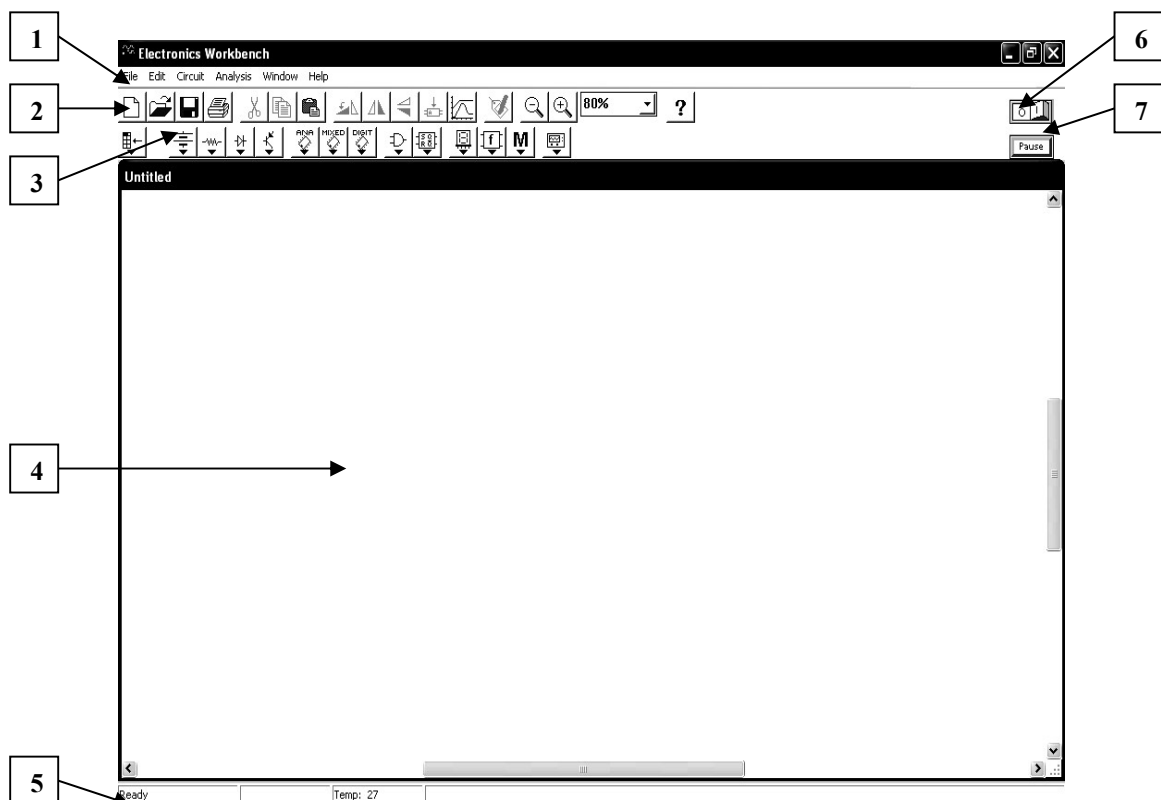
Programul Electronics Workbench, elaborat de firma Interactive Image Technologies Ltd. este o aplicație de tip CAD („Computer Aided Design” = “Proiectare asistată pe calculator”). Este destinat *proiectării și simulării circuitelor electrice și electronice*.

Versiunea 5.12 care se va prezenta în cele ce urmează reunește componentele și aparatele de măsurat din domeniul *electronicii analogice* și a *electronicii digitale*.

Pe lângă *realizarea circuitelor* și a *simulării funcționării* acestora cu ajutorul diferitelor *indicatoare*, *aparate de măsurat* (multimetru, ampermetru, voltmetru, osciloscop, plotter, analizor logic etc.), *surse de alimentare* și *generatoare de semnal* (generator de funcții, generator de semnale binare etc.), programul permite și efectuarea unor *analize complexe* asupra funcționării circuitelor electronice (afișarea tensiunilor continue în punctele marcate ale schemei, trasarea caracteristicilor amplitudine-frecvență și fază-frecvență, analiza funcționării în regim tranzitoriu, afișarea componentelor armonice ale semnalelor).

2. Ecranul Electronics Workbench

Structura ecranului programului Electronics Workbench 5.12 este prezentată în figura de mai jos:



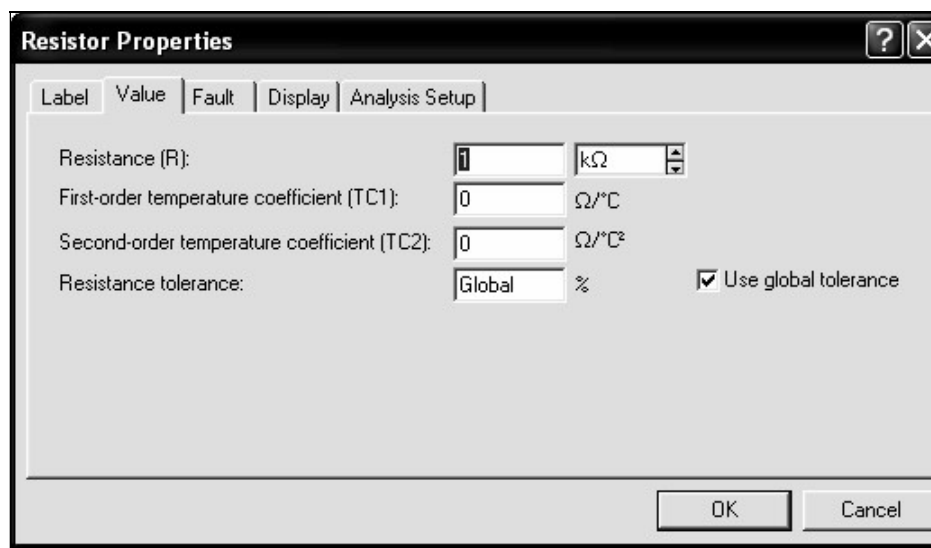
Componentele ecranului:

1. - *Bara de meniu:*
 - File („Fișier” – operații de deschidere, salvare, importare-exportare fișiere)
 - Edit („Editare” – operații de copiere, decupare, alipire, selectare, ștergere a componentelor circuitului)
 - Circuit (operații legate de componentele circuitului – rotire, reorientare, mărire-micșorare)
 - Analysis („Analiză” – metode de analiză a funcționării circuitului: afișarea tensiunilor continue, trasarea caracteristicilor, analiza regimului tranzitoriu, afișarea componentelor armonice)
 - Window („Fereastră” – gestionarea ferestrelor deschise)
 - Help („Ajutor”)
2. - *Bara de unelte („Toolbar”)* – conține butoane de comandă pentru cele mai uzuale operații (deschidere, salvare, copiere, decupare, alipire etc.)
3. - *Listele de componente („Parts Bin”)*:
 - *Favorites:* conține subcircuitul propriu ale utilizatorului
 - *Sources:* conține surse de alimentare în curent continuu și alternativ
 - *Basic:* conține componentele de bază (rezistoare, condensatoare, rele, comutatoare, transformatoare)
 - *Diode:* conține tipurile de diode, inclusiv diacul, triacul, LED-ul, dioda Zener
 - *Transistors:* conține diferitele tipuri de tranzistoare bipolare și cu efect de câmp
 - *Analogic ICs:* conține diferitele tipuri de circuite integrate analogice
 - *NIxed ICs:* conține diferitele tipuri de circuite integrate mixte (analog-digitale)
 - *Digital ICs:* conține diferitele tipuri de circuite integrate digitale
 - *Logic Gates:* conține diferitele tipuri de porți logice
 - *Digital:* conține diferitele tipuri de componente digitale (sumatoare, bistabile, multiplexoare, registre de deplasare și codificatoare)
 - *Indicators:* conține aparatele indicatoare disponibile (ampermetre, voltmetre, lămpi de semnalizare, afișaje etc.)
 - *Controls:* conține controalele (circuite de comandă) disponibile în program (ex. circuite de derivare și de integrare, sumatoare și limitatoare de tensiune etc.)
 - *Miscellaneous:* conține componentele care nu intră în altă categorie (siguranțe, linii de transmisie, cristale, motoare de curent continuu, tuburi cu vacuum, casete de text box și blocuri de titlu)
 - *Instruments:* conține instrumentele disponibile (multimetru digital, generator de funcții, osciloscop, analizor logic, generator de semnale digitale).
4. - *Spațiul de lucru* (aici se plasează piesele componente ale circuitului de realizat)
5. - *Linia de stare* (prezintă informații despre starea simulării)
6. - *Butonul de pornire-oprire a simulării („Activate simulation”)*
7. - *Butonul de pauză („Pause”)* – întrerupe temporar simularea.

3. Realizarea și testarea circuitelor electronice

3.1. Plasarea componentelor pe spațiul de lucru și setarea proprietăților

- Se dă clic pe *lista de componente* din care face parte componenta dorită și se trage cu mouse-ul pe suprafața de lucru.
- Pentru *setarea proprietăților* se dă *dublu clic* pe componentă, sau se dă clic dreapta și din meniul care apare se alege opțiunea *Component Properties*. Se va deschide fereastra cu proprietățile componentei, cu *mai multe pagini*, ca de exemplu în cazul unui rezistor:



Cele mai importante proprietăți sunt:

- *Label* - *eticheta* componentei (denumirea, notația care asigură identificarea acesteia în schemă, de ex.: R1, R2, E etc.).
- *Value* - *valoarea* componentei (valoarea celui mai reprezentativ parametru al acestora), exprimată în unitatea de măsură corespunzătoare (de ex. Ohm – Ω - pentru rezistența rezistoarelor, Farad – F - pentru capacitatea condensatoarelor, Henry – H – pentru inductanța bobinelor, Ohm – Ω – pentru rezistența proprie a ampermetrelor și voltmetrelor etc.).
- *Fault* - *defectul simulat* pentru componentă. În funcționarea circuitelor pot fi simulate cele mai frecvente *tipuri de defecte* care pot apărea în schemele reale în timpul funcționării:

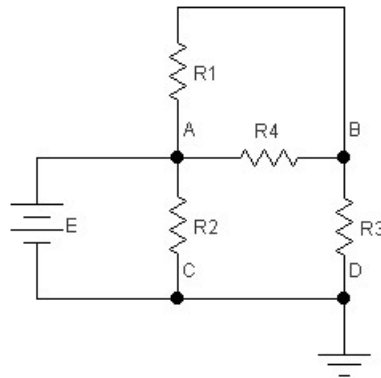
- *Leakage*: scurgere, pierdere (scăderea valorii parametrului respectiv cu valoarea înscrisă în caseta din dreapta)
- *Short*: scurtcircuit (contactul direct dintre bornele selectate ale componentei)
- *Open*: întrerupere (între bornele selectate ale componentei)
- *None*: anularea defectului ales în prealabil (readuce componenta în stare de funcționare normală).
- *Models* - *modelul* ales pentru anumite componente (de ex. tipul de tranzistor, de diodă sau de circuit integrat). Modelul reprezintă un anumit tip de componentă cu valori prestabilite pentru diferiți parametri caracteristici ai acesteia.
- *Selectarea* uneia sau a mai multor componente se face cu mouse-ul. Componentele selectate pot fi mutate, copiate sau șterse simultan.
- *Rotirea* componentelor selectate se poate executa prin combinația de taste *Ctrl + R* sau prin clic dreapta și opțiunea *Rotate* din meniul care apare.
- *Ștergerea* componentelor selectate se poate executa prin apăsarea tastei *Delete* sau prin clic dreapta și opțiunea *Delete* din meniul care apare.
- *Întoarcerea pe orizontală* sau *pe verticală* se poate executa prin clic dreapta și alegerea uneia din opțiunile *Flip Horizontal* sau *Flip Vertical* din meniul care apare.

3.2. Interconectarea componentelor

- Interconectarea componentelor se realizează prin *conductoarele de legătură* care se pot trasa cu ajutorul mouse-ului între:
 - bornele componentelor
 - nodurile de circuit (punctele de ramificație – din lista *Basic*).
- *Nodurile de circuit* sunt ramificații la care se pot conecta 4 *conductoare* (sus, jos, în dreapta și în stânga).

Nodurile pot fi plasate din lista *Basic*, dar se pot forma și în mod *automat*, atunci când tragem un conductor de la o bornă spre mijlocul unui alt conductor deja trasat: în punctul de contact al celor două conductoare va apare automat un nod care realizează legătura dintre ele.


De exemplu, în schema electrică din figura de mai jos, la nodul A sunt interconectate 4 conductoare, iar la nodurile B, C și D câte 3:



- *Conductoarele de legătură* pot fi *colorate* pentru a favoriza identificarea semnalelor transmise prin acestea în cazul utilizării unor instrumente cu afișaj: *osciloscop*, *analizor logic*, *plotter*. În acest caz semnalele afișate pe ecranul acestora vor avea aceeași culoare ca și conductoarele prin care ajung la instrumentul cu afișaj. Se dă *dublu clic pe conductor* și din paleta care apare se alege culoarea dorită.

3.3. Alimentarea și legarea la masă (pământarea) schemelor electronice


- Orice circuit electric sau electronic are nevoie de cel puțin o *sursă de alimentare cu energie electrică*. Aceste surse pot fi de *curent continuu* sau de *curent alternativ*.
- Sursele de alimentare se aleg din lista de componente *Sources*.

- Cea mai uzuală sursă de alimentare în curent continuu este *bateria (Battery)*: 

- Cea mai uzuală sursă de alimentare în curent *alternativ* este *sursa de tensiune*

alternativă (AC Voltage Source): 

- Orice circuit trebuie să aibă cel puțin un *punct de masă* (punct de împământare) –

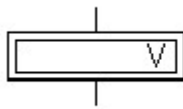
Ground: 

Masa reprezintă *potențialul de referință* al circuitului, care corespunde tensiunii de $0V$. La acest punct de masă se leagă de obicei borna minus a surselor de alimentare în curent continuu.

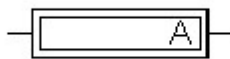
3.4. Conectarea aparatelor de măsurat și a instrumentelor indicatoare

- Scopul principal al simulării funcționării unui circuit electronic constă în *măsurarea valorilor parametrilor electrici* (tensiuni, curenți, rezistențe etc.), în *vizualizarea formei semnalelor electrice* în diferitele puncte ale schemei, respectiv în *trasarea caracteristicilor statice* ale diferitelor componente și circuite electronice, cum ar fi de exemplu caracteristica curent-tensiune a unei diode, caracteristica amplificare-frecvență a unui amplificator etc.)
- În acest scop trebuie atașate la circuitul de studiat diferite *aparate de măsurat* (multimetre, voltmetre, ampermetre etc.) și / sau *instrumente indicatoare* (osciloscop, analizor logic, plotter Bode, becuri sau lămpi indicatoare etc.)
- Aparatele de măsurat și instrumentele indicatoare se găsesc în listele de piese *Indicators* și *Instruments*. Cele mai des utilizate aparate de măsurat sunt:

- Lista *Indicators*:



Voltmetru



Ampermetru



Bec



Lampă de probă

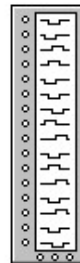
- Lista *Instruments*:



Multimetru



Osciloscop



Analizor logic

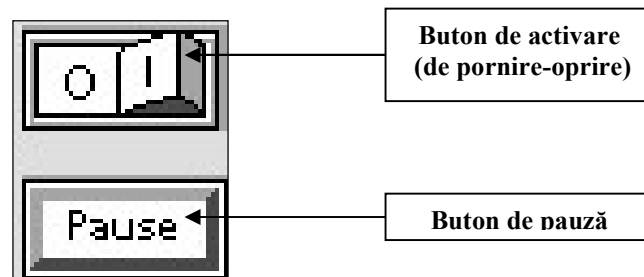


Plotter Bode

- Aparatele din lista *Indicators* pot fi rotite în mod similar cu componentele, pentru a se putea conecta cu polaritatea sau în poziția dorită. Din aceste aparate pot fi plasate simultan oricâte exemplare pe suprafața de lucru.
- Instrumentele din lista *Instruments* nu pot fi rotite și într-un anumit circuit nu poate fi plasat decât un singur exemplar din fiecare.

3.5. Activarea circuitului

- *Activarea* circuitului constă în pornirea simulării funcționării acestuia. Se poate realiza prin comanda *Activate* din meniul *Analysis*, prin combinația de taste *Ctrl + G* sau – cel mai simplu – prin clic pe butonul din dreapta sus al ecranului:



- *Dezactivarea* (oprirea simulării) se realizează prin încă un clic pe același buton, sau prin comanda *Stop* din meniul *Analysis*, eventual prin combinația de taste *Ctrl + T*.
- Se poate introduce o *pauză* în funcționarea circuitului prin clic pe butonul *Pause* sau prin comanda *Pause* din meniul *Analysis*, eventual acționând tasta *F9*.
- După activarea circuitului aparatele sau instrumentele de măsurat încep să măsoare valorile parametrilor electrici (tensiuni, curenți, rezistențe etc.), afișează forma semnalelor în diferitele puncte ale schemei, iar instrumentele indicatoare indică starea anumitor porțiuni ale circuitului: becurile, LED-urile se aprind sau se sting, siguranțele fuzibile sau filamentele becurilor se întrerup (se ard) dacă sunt suprasolicitate etc.

4. Simularea defectelor

În cadrul simulării funcționării circuitelor electrice și electronice este foarte utilă studierea efectului *diferitelor tipuri de defectări* ale componentelor asupra modului de funcționare al ansamblului. Aceste defectări pot lua forma *scăderii valorii unui anumit parametru* de circuit (de ex, scăderea rezistenței, a capacității electrice etc.), *scurtcircuitării* componentei (atingerea accidentală a două din bornele sale de acces), sau *întreruperii* acesteia.

Etapele simulării unui defect:

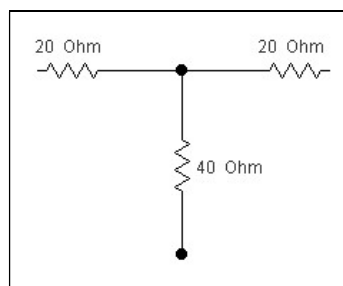
- Se selectează componenta care trebuie „defectată” (clic stânga cu mouse-ul).
- Se execută *dublu clic* pe componentă sau se dă *clic dreapta* și din meniul care apare se alege opțiunea *Component Properties*. Se va deschide fereastra cu proprietățile componentei, cu *mai multe pagini*.
- Din fereastra cu proprietăți se alege pagina *Fault*, iar de aici se alege *tipul de defect* dorit:
 - **Leakage:** *scurgere, pierdere* (scăderea valorii parametrului respectiv cu valoarea înscrisă în caseta din dreapta)
 - **Short:** *scurtcircuit* (contact direct între cele 2 borne de legătură ale componentelor simple – de ex. rezistoare, condensatoare etc., sau între cele 2 bornele selectate ale componentei – în caz că are mai multe - de ex. circuite integrate)
 - **Open:** *întrerupere* (lipsa continuității între cele 2 borne de legătură ale componentelor simple sau între cele 2 bornele selectate ale componentei – în caz că are mai multe).
- După alegerea defectului componenta va apare în schemă *marcat prin culoarea roșie*. În continuare se poate realiza *studiul efectului defectării componentei*, făcând măsurătorile corespunzătoare și notând abaterile parametrilor electrici măsurați în acest caz (de ex. valorile unor *tensiuni, curenți* etc.)
- *Anularea defectului* – după studierea comportării circuitului în cazul producerii defectului simulat – se realizează tot din fereastra cu *proprietățile componentei*, de la pagina *Fault*, alegând opțiunea **None**. Prin aceasta se readuce componenta în *starea de funcționare normală*.

5. Realizarea subcircuitelor

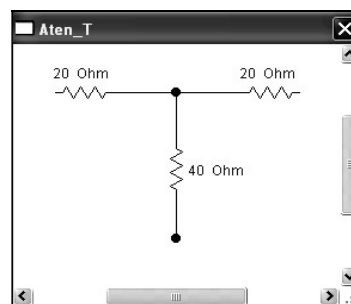
Subcircuitele sunt *module* formate din mai multe componente individuale, care împreună îndeplinesc o anumită funcție într-un circuit mai complex, de ex. atenuatoare, filtre, rețele de rezistoare, punți redresoare cu diode etc.

În cadrul programului Electronics Workbench un subcircuit se realizează urmând pașii de mai jos:

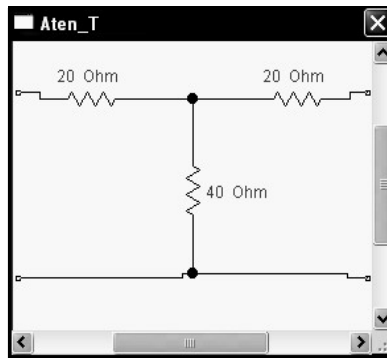
- Realizarea legăturilor dintre componentele care vor alcătui subcircuitul, de exemplu în cazul unui *atenuator în T* (format din 3 rezistoare conectate sub formă de T):



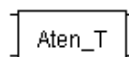
- Selectarea ansamblului cu mouse-ul (se încercuiește circuitul apăsând butonul stâng)
- Din meniul *Circuit* se alege opțiunea *Create subcircuit*, sau se apasă simultan tastele *Ctrl* și *B*.
- În fereastra care se deschide se scrie numele subcircuitului (de ex. „Aten_T”), după care se alege una din opțiunile:
 - Copy from circuit (copiere din circuit)
 - Move from circuit (mutare din circuit)
 - Replace in circuit (înlocuire în circuit).
- Apare fereastra cu subcircuitul, în exemplul dat va arăta astfel:



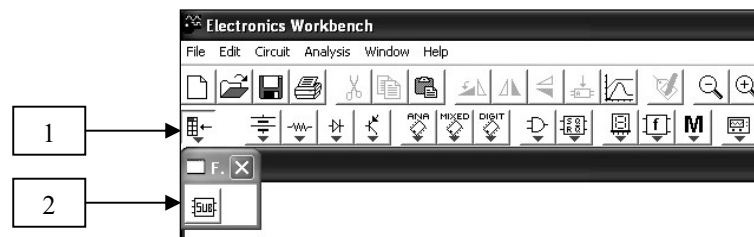
- Se realizează *bornele de legătură*, trăgând câte un conductor de legătură de la bornele dorite până la marginea ferestrei. În locurile respective vor apărea niște dreptunghiuri mici, care reprezintă bornele de acces spre exterior ale subcircuitului:



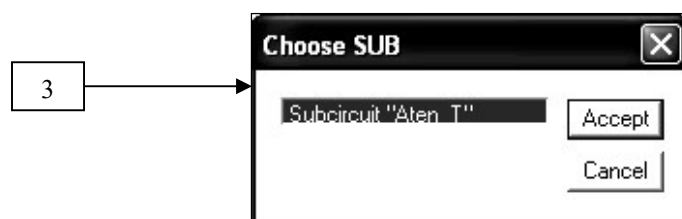
- Rezultatul final este un bloc, un subcircuit cu 4 borne de acces, cu ajutorul cărora poate fi conectat cu alte componente într-o anumită schemă:



- Utilizarea ulterioară* (și în mai multe porțiuni ale unui anumit circuit) a subcircuitul nou creat se realizează astfel:
 - Se dă clic pe lista de componente *Favorites* din partea stângă a ecranului (1).
 - Din fereastra (2) se trage subcircuitul pe suprafața de lucru și se eliberează în locul dorit.



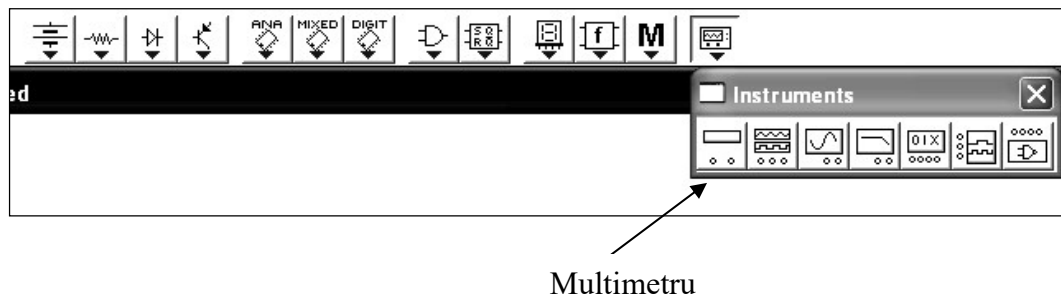
- Apare fereastra (3) din care se alege subcircuitul dorit (dacă există mai multe în listă) și dând clic pe butonul *Accept* acesta se plasează pe suprafața de lucru (într-o schemă se pot plasa oricâte exemplare ale unui anumit subcircuit).



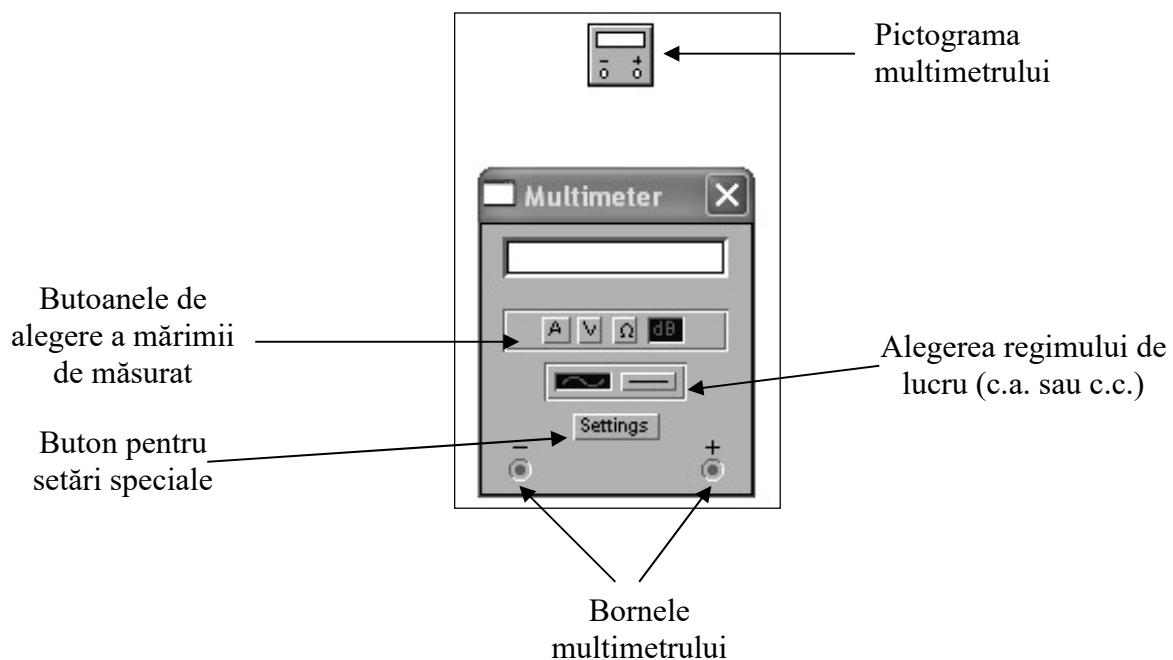
6. Utilizarea multimetrului

Multimetrul este un instrument care permite măsurarea mărimilor electrice de bază: *tensiunea electrică* U (în volți – V), *intensitatea curentului electric* I (în Amperi – A), *rezistența electrică* R (în Ohmi – Ω), respectiv *nivelul* relativ de tensiune în decibeli (dB), atât în cazul curentului continuu, cât și a curentului alternativ.

Selectarea multimetrului se poate face din bara de unelte „Instruments”:



Se plasează apoi multimetrul pe suprafața de lucru și se dă dublu clic pe pictogramă pentru a se afișa panoul frontal mărit al aparatului (pe care se pot efectua apoi reglajele și setările dorite):



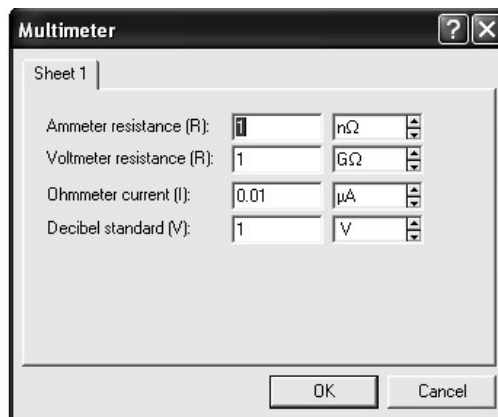
Butoanele din rândul de sus permit alegerea mărimii electrice de măsurat:

- A - intensitatea curentului
- V - tensiunea electrică
- R - rezistența electrică
- dB - nivelul relativ de tensiune.

Cele două butoane din rândul al doilea permit alegerea modului de lucru:

- curent alternativ: \sim
- current continuu: ---

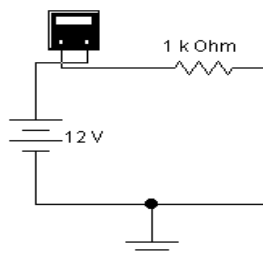
Butonul **Settings** permite efectuarea unor reglaje speciale, recomandate doar celor avansați, cum ar fi reglajul rezistenței interne (proprie) a voltmetrului sau ampermetrului, a curentului debitat de ohmmetru în rezistența de măsurat și valoarea tensiunii considerate drept referință la măsurarea nivelului relative în decibeli:



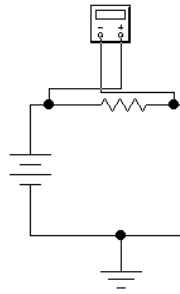
Pentru a efectua o anumită măsurare, ordinea de lucru este următoarea:

1. Se conectează multimetrul în circuit în mod corespunzător:

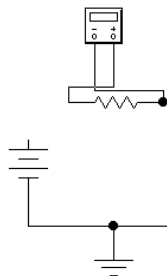
- În cazul măsurării **curenților (A)** se conectează **în serie cu consumatorul** prin care se dorește măsurarea curentului (se întrerupe în prealabil un conductor):



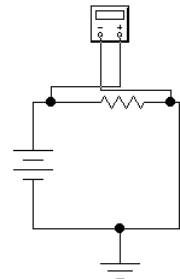
- În cazul măsurării **tensiunilor (V)** se conectează **în paralel cu consumatorul** la bornele căruia se dorește măsurarea tensiunii, de exemplu:



- În cazul măsurării **rezistențelor (R)** se conectează **în paralel cu consumatorul** la care se dorește măsurarea rezistenței, dar **numai în lipsa alimnetării** (după deconectarea de la orice sursă de alimentare), de exemplu:



- În cazul măsurării nivelului relativ (dB) se conectează în paralel cu consumatorul la bornele căruia se dorește măsurarea nivelului relativ de tensiune, de exemplu:



2. Se alege mărimea de măsurat nd clic pe unul din butoanele din rândul de sus.
3. Se alege modul de lucru (dând clic pe unul din cele două butoane din rândul al doilea), în funcție de tipul sursei de alimentare a a schemei (c.c. sau c.a.).
4. În caz de nevoie se fac setări avansate cu ajutorul butonului **Settings**.
5. Se dă clic pe butonul de activare pentru a porni simularea și se citește indicația multimetrului.

Observație: într-o anumită schemă se poate intercala un singur multimetru, deci dacă se doresc mai multe măsurări, acestea se vor realiza succesiv, nu simultan.

Măsurarea nivelului relativ al tensiunii: în multe aplicații, în special în telecomunicații prezintă interes variația relativă a semnalului de tensiune față de un nivel considerat de referință. De exemplu este important să se știe cu cât s-a atenuat semnalul (de câte ori s-a micșorat) după parcurgerea unui anumit tronson al liniei de comunicație, sau cu cât a fost amplificat (de câte ori s-a mărit) după trecerea printr-un regenerator de semnal sau printr-un amplificator. Pentru aceasta se alege un nivel de referință, de exemplu 1V în cazul implicit în programul EWB, la care se vor raporta semnalele măsurate.

Nivelul relativ se va exprima în decibeli (dB), conform formulei de mai jos:

$$N = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_{ref}}\right)$$

unde:

- **lg** – reprezintă **logaritmul în bază 10** (reprezintă acea putere a lui 10, care este egală cu argumentul funcției, de exemplu $\lg 100 = 2$, pentru că $10^2 = 100$).
- **U** – reprezintă tensiunea măsurată de multimetru
- **U_{ref}** - reprezintă tensiunea de referință aleasă.

Exemple de calcul pentru cazul $U_{ref} = 1V$:

1. pentru $U = 10V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{10}{1}\right) = 20 \cdot \lg 10 = 20 \cdot 1 = 20dB$
2. pentru $U = 100V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{100}{1}\right) = 20 \cdot \lg 100 = 20 \cdot 2 = 40dB$
3. pentru $U = 1000V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{1000}{1}\right) = 20 \cdot \lg 1000 = 20 \cdot 3 = 60dB$
4. pentru $U = 1V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{1}{1}\right) = 20 \cdot \lg 1 = 20 \cdot 0 = 0dB$
5. pentru $U = 0,1V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{0,1}{1}\right) = 20 \cdot \lg 0,1 = 20 \cdot (-1) = -20dB$
6. pentru $U = 0,01V$: $N = 20 \cdot \lg\left(\frac{0,01}{1}\right) = 20 \cdot \lg 0,01 = 20 \cdot (-2) = -40dB$

7. Utilizarea generatorului de funcții și a osciloscopului

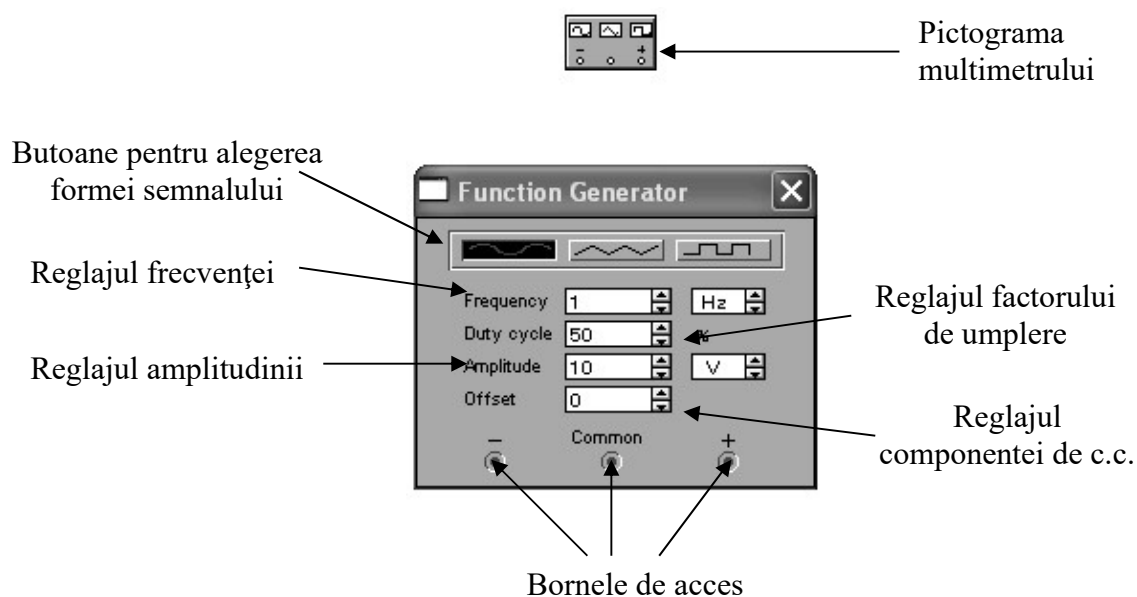
7.1. Generatorul de funcții

Generatorul de funcții este o sursă de tensiune care poate furniza semnale alternative de tensiune sinusoidale, triunghiulare sau dreptunghiulare. Permite reglajul următorilor parametri ai semnalului:

- forma de undă
- frecvența
- amplitudinea
- factorul de umplere (în cazul semnalelor dreptunghiulare) sau durata frontului crescător (la semnalele triunghiulare)
- offsetul (componenta continuă).

Domeniul de frecvență al generatorului este suficient de mare pentru a produce semnalele utilizate în mod curent în aplicațiile de audio- și radiofrecvență.

Generatorul de funcții se alege din bara de unelte *Instruments* și are **3 terminale (borne)** prin care poate fi conectat la circuitele electronice pe care le alimentează:



Borna comună („Common”) asigură nivelul de tensiune de referință pentru semnal. Pentru ca tensiunea de referință a semnalului să fie masa (nulul), acesta trebuie conectat la conductorul de masă al circuitului.

Borna pozitivă (+) furnizează un semnal în sens pozitiv față de nivelul bornei comune, iar borna negativă (-) un semnal în sens negativ față de acest nivel.

Reglajele generatorului de funcții:**a. Frecvența (1 Hz — 999 MHz)**

Această opțiune determină numărul de perioade (**T**) sau cicluri descrise de semnalul generat într-o secundă. Frecvența este de 1 Hertz (Hz) dacă într-o secundă semnalul descrie un ciclu complet.

b. Factorul de umplere – „Duty Cycle” (1% — 99%)

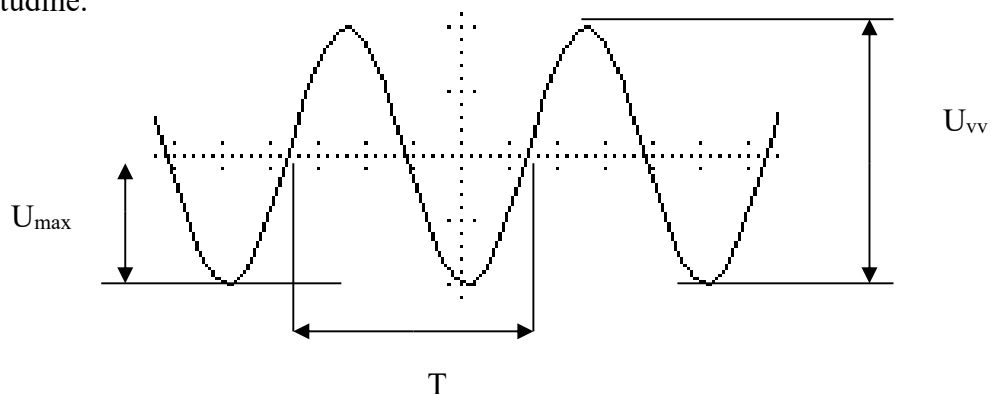
Această opțiune afectează forma semnalelor dreptunghiulare și triunghiulare. Determină raportul dintre duratele pozitive și negative (la semnalele dreptunghiulare), respectiv dintre duratele crescătoare și descrescătoare (la semnalele triunghiulare). Valoarea implicită a raportului este de 50%.

c. Amplitudinea (1 V — 999 kV)

Această opțiune determină **amplitudinea** (U_{\max}) semnalului generat, măsurat de la nivelul componentei sale continue (a valorii medii) până la vârful pozitiv sau negativ. **Tensiunea vârf la vârf** (U_{vv}) reprezintă diferența dintre vârfurile pozitive și negative ale semnalului, fiind egală cu dublul amplitudinii. Dacă conductoarele se leagă între bornele (+) și (-), amplitudinea semnalului va fi dublă față de cazul conectării între (+) și borna comună sau (-) și borna comună.

d. Componenta continuă – „Offset” (-999 kV - 999 kV)

Această opțiune determină nivelul de tensiune continuă în jurul căreia oscilează valoarea semnalului alternativ. Un offset de 0 poziționează semnalul pe mijlocul ecranului osciloscopului (la nivelul axei X). Un offset pozitiv urcă semnalul pe verticală, pe când un offset negativ îl coboară pe ecran. Pentru offset se utilizează aceleași unități de măsură ca și pentru amplitudine.

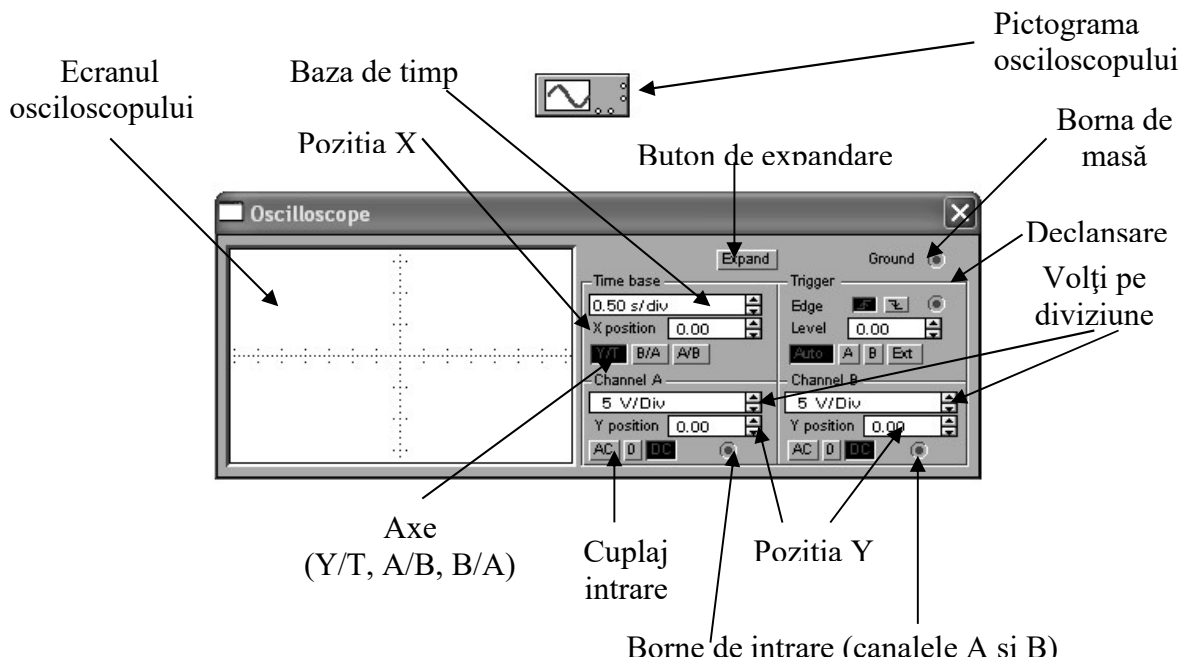
**Parametrii principali ai semnalelor de tensiune.**

7.1. Osciloscopul

Osciloscopul cu două canale are următoarele **funcții principale**:

- afișarea (vizualizarea) modului de variație în mărime și în frecvență a semnalelor electronice
- reprezentarea grafică a curbelor caracteristice, adică a variației mărimii unui semnal în funcție de o altă mărime (de ex.: caracteristica curent-tensiune a unei diode, reprezentând variația curentului I prin diodă în funcție de tensiunea U aplicată la bornele sale)
- compararea formei de variație a două semnale (de ex. Compararea frecvenței, amplitudinii acestora sau măsurarea defazajului dintre ele).

Osciloscopul se alege din bara de unelte **Instruments** și are următoarele elemente de control:



Reglajele osciloscopului:

a. Baza de timp – „Time base”

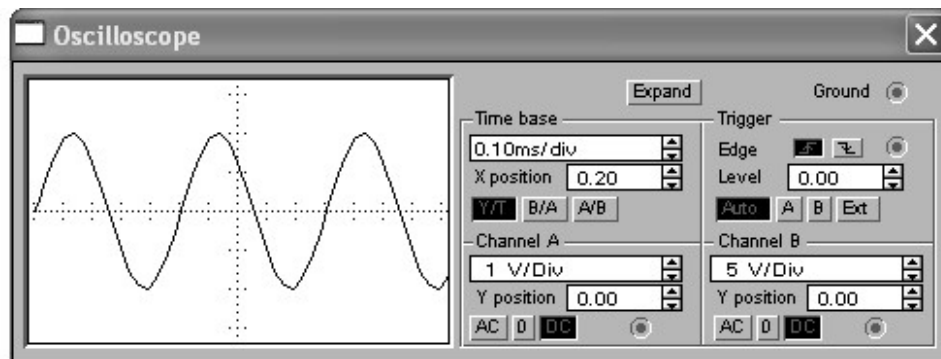
Baza de timp se utilizează la *reglajul sensibilității pe orizontală (pe axa X a osciloscopului)* în cazul afișării variației în timp a mărimii semnalelor (regimul de lucru Y/T), de fapt se reglează ce durată de timp să reprezinte o diviziune a ecranului pe orizontală. Domeniul de reglaj al bazei de timp este: **0.10 ns/div-1s/div** (nanosecunde pe diviziune, respectiv secunde pe diviziune).

Pentru ca afișajul să fie ușor de citit și interpretat (este de preferat ca pe ecran să fie vizibile circa 1 ... 4 perioade complete ale semnalului – dacă se văd prea multe, nu se poate citi precis durata în timp a perioadei, iar dacă nu se vede decât o fracțiune dintr-o perioadă, nu avem posibilitatea să măsurăm durata acesteia și nici să evaluăm forma de variație a semnalului), *se ajustează baza de timp invers proporțional cu variația frecvenței* generatorului de funcții sau ale sursei de curent alternativ: cu cât frecvența este mai mare, cu atât baza de timp se reglează la valori mai mici și invers.

De exemplu, dacă dorim să vedem pe ecran o singură perioadă a unui semnal cu frecvența de 1 kHz, baza de timp se va regla la 0.10 milisecunde pe diviziune, pe când în cazul unui semnal de 10 kHz baza de timp trebuie reglată la 0.01 milisecunde pe diviziune.

Citirea-măsurarea perioadei și calculul frecvenței:

- Se reglează baza de timp astfel încât să se poată citi ușor durata unei perioade.
- Se citește pe axa orizontală (X) durata exprimată în *număr de diviziuni* a unei perioade: ori ca *distanța între două treceri prin zero a semnalului din aceeași direcție* (de jos în sus) – de fapt durata însumată a unei alternanțe pozitive și a uneia negative, ori ca *distanța între două vârfuri consecutive de același fel* (pozitive sau negative) ale semnalului. În cazul exemplului de mai jos se observă că durata perioadei este de 5 diviziunii (2,5 div. alternanța pozitivă plus tot 2,5 div. cea negativă).



- Se citește indicația casetei „Time base”, în cazul de față 0,10 ms / div. Deci o diviziune orizontală de pe ecran reprezintă 0,1 ms.
- Perioada T se calculează înmulțind această valoare cu numărul diviziunilor citite de pe ecran: $T = 5 * 0,1 = 0,5 \text{ ms} = 500 \mu\text{s}$.
- Frecvența f a semnalului reprezintă numărul de perioade descrise de semnal în unitatea de timp (într-o secundă) și se măsoară în Hertz (Hz). Formula de calcul este:

$$f = \frac{1s}{T} [Hz]$$

În exemplul dat, frecvența va fi:

$$f = \frac{1s}{T} = \frac{1s}{0,5ms} = \frac{1000ms}{0,5ms} = \frac{10000}{5} = 2000Hz = 2KHz.$$

b. Poziția X - „X Position”

Din această casetă se poate regla *punctul de început al axei X*, adică punctul de pe orizontală din care începe afișarea a semnalului. Dacă „X Position” este reglat la 0, semnalul începe de la colțul din stânga al ecranului. O valoare pozitivă a acesteia deplasează punctul de start spre dreapta, iar o valoare negativă o deplasează spre stânga.

Acest reglaj este util de exemplu când dorim să citim cu precizie durata perioadei și de aceea vrem ca perioada semnalului să înceapă exact în dreptul unei diviziuni întregi de pe ecran.

c. Modul de lucru (axele osciloscopului - Y/T, A/B sau B/A)

Aceste 3 butoane de comandă permit alegerea modului de lucru al osciloscopului.

În *modul de lucru Y/T* se va afișa variația mărimii semnalului în funcție de timp (în acest caz axa X reprezintă timpul, iar axa Y mărimea semnalului exprimată în volți). Acest mod de lucru permite măsurarea amplitudinii, tensiunii vârf la vârf și perioadei semnalelor, respectiv a defazajului dintre 2 semnale de aceeași frecvență.

Pentru a putea analiza în detaliu formele de undă ale semnalelor, este recomandat să bifați opțiunea **"Pause after each screen"** din tabul **Instruments** al ferestrei de dialog corespunzătoare submeniului **Analysis Options** al meniului **Circuit** sau să dați clic pe butonul **Pause**. După efectuarea citirilor necesare se poate reporni simularea din meniul **Analysis/Resume** sau apăsând tasta F9, eventual prin clic pe butonul **Resume** (care înlocuiește butonul Pause).

În *modul de lucru A/B sau B/A* se va afișa variația mărimii semnalului aplicat pe primul canal (A respectiv B) în funcție de mărimea semnalului aplicat pe cel de-al doilea canal (B respectiv A). În acest caz și axa X se citește pe baza setării volți / diviziune (V/Div) de pe canalul corespunzător. Acest mod de lucru permite trasarea unor caracteristici ale dispozitivelor electronice, care descriu modul de funcționare a acestora în diferite condiții, de ex.: caracteristica curent-tensiune a diodelor, caracteristicile de intrare, de ieșire și de transfer ale tranzistoarelor bipolare sau cu efect de câmp, etc.

d. Setările canalelor A și B (Volți pe diviziune)

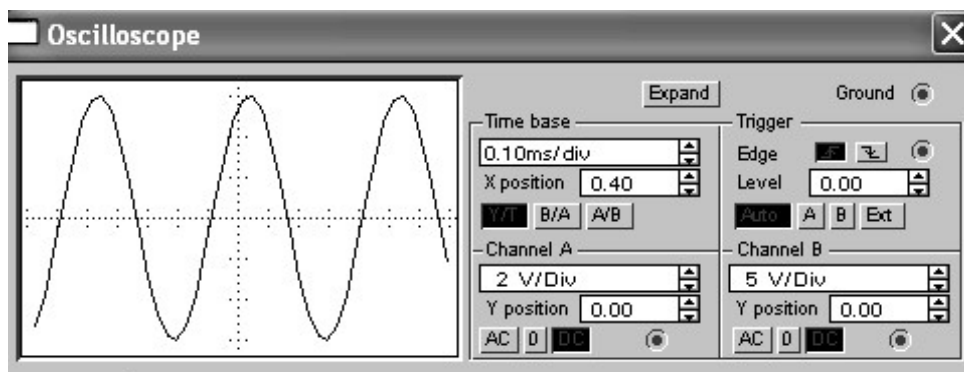
Această setare determină *sensibilitatea pe verticală* (pe direcția axei Y) a ecranului. În cazul modului de lucru A/B sau B/A determină și sensibilitatea axei X.

Pentru ca afișajul să fie ușor de citit și interpretat (semnalul să nu depășească pe direcție verticală cadrul ecranului, dar totodată să fie suficient de mare pentru a-i citi amplitudinea în număr de diviziuni), *se ajustează sensibilitatea* în funcție de valoarea estimată, așteptată a tensiunii aplicate pe canalul respectiv. De exemplu, un semnal alternativ de 3 V ocupă întreg ecranul, dacă sensibilitatea axei Y este setată la 1 V/Div. Dacă se mărește numărul de volți pe diviziune, semnalul afișat pe ecran devine mai mic, iar dacă se mărește, semnalul afișat devine mai mare (mai înalt) și în cazul exemplului dat vârfurile se vor tăia (nu vor mai încapa pe ecran).

Domeniul de reglaj al sensibilității pe verticală este: **0.01 mV/Div 5 kV/Div.**

Citirea-măsurarea tensiunii vârf la vârf și a amplitudinii:

- Se reglează sensibilitatea pe verticală astfel încât să se poată citi ușor amplitudinea semnalului.
- Se citește pe axa verticală (Y) mărimea exprimată în *număr de diviziuni* a tensiunii vârf la vârf a semnalului (distanța dintre un vârf pozitiv și unul negativ). În cazul exemplului de mai jos se observă că aceasta este de 6 diviziuni.



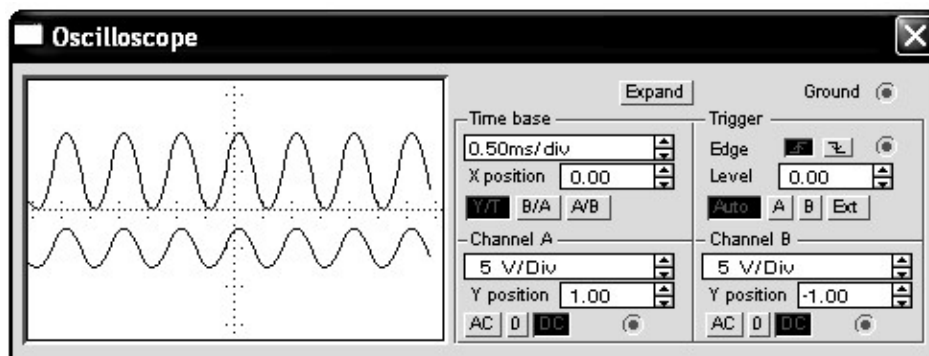
- Se citește indicația casetei de sub „Channel A”, în cazul de față 2 V/Div. Deci o diviziune verticală de pe ecran reprezintă 2 V.
- Tensiunea vârf la vârf U_{vv} se calculează înmulțind această valoare cu numărul diviziunilor citite de pe ecran: $U_{vv} = 2 * 6 = 12V$.
- Amplitudinea reprezintă jumătate din tensiunea vârf la vârf, deci:

$$U_{\max} = \frac{U_{vv}}{2} = \frac{12V}{2} = 6V.$$

e. Poziția Y - „Y Position”

Din această casetă se poate regla *punctul de început (de origine) al axei Y*. Dacă „Y Position” este setat la 0.00, punctul de început al axei Y va fi intersecția cu axa X. Mărind „Y Position”, de exemplu la valoarea 1.00, punctul de origine (de zero) se mută în sus cu o diviziune (la prima diviziune verticală deasupra axei X). Micșorând „Y Position”, de exemplu la valoarea -1.00, punctul de origine (de zero) se mută în jos cu o diviziune (la prima diviziune verticală sub axa X).

Alegând valori „Y Position” diferite pentru cele două canale A și B, se vor putea distinge și compara mai ușor semnalele aplicate la intrările acestora. Pentru cazul de mai jos s-a mărit „Y Position” pentru canalul A (semnalul din partea de sus) și s-a micșorat pentru canalul B (semnalul de jos), și se pot distinge ușor, altfel ele apăreau suprapuse.



Domeniul de reglaj „Y Position” este cuprins între: -3.00 — 3.00.

f. Cuplajul intrărilor (AC, 0, DC)

- Dacă se alege opțiunea **cuplaj în curent alternativ – c.a. (AC)**, osciloscopul va afișa doar componenta alternativă a semnalului. În cazul cuplajului în c.a. se conectează un condensator în serie cu sonda osciloscopului, acesta filtrând componenta continuă.
- Dacă se alege opțiunea **cuplaj în curent continuu – c.c. (DC)**, osciloscopul va afișa atât componenta alternativă, cât și cea continuă a semnalului. Practic se va afișa aceeași formă de undă ca în cazul AC, dar decalată în sus sau în jos, în funcție de valoarea componentei continue a semnalului.
- Dacă se alege opțiunea **0**, osciloscopul va afișa o linie orizontală de referință, la nivelul setat ca origine cu opțiunea „Y Position”, adică afișează un semnal nul.

Observație: NU conectați niciodată un condensator de cuplaj în serie cu sonda osciloscopului, aceasta fiind considerată ca o eroare în cursul analizei funcționării circuitului.

g. Declanșarea osciloscopului

Setările de declanșare determină condițiile în care se va începe afișarea pe ecran a formei de undă, la începutul simulării.

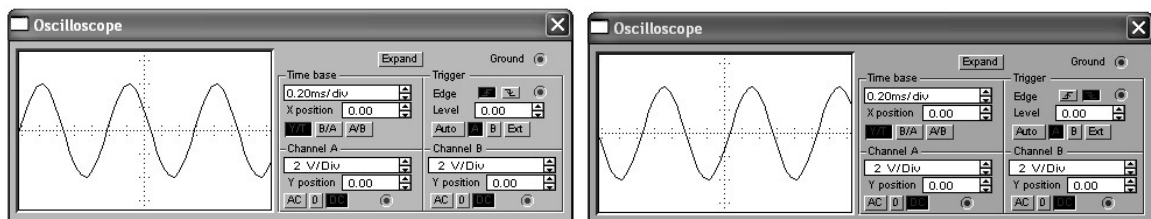
Opțiunile posibile se aleg cu ajutorul butoanelor *Auto*, *A*, *B*, *External*.

- Auto – semnalul se afișează cât mai repede posibil, indiferent de orice condiție
- A sau B – semnalele se afișează în funcție de valoarea semnalului aplicat pe canalul A sau B (pe baza opțiunilor Trigger Edge și Trigger Level)
- External - semnalele se afișează în funcție de valoarea unui semnal extern.

• Frontul de declanșare - „Trigger Edge”

Dacă se alege *frontul crescător* (butonul cu săgeata orientată în sus), afișarea formei de undă va începe *de la începutul alternanței sale pozitive* (imaginea din stânga).

Dacă se alege *frontul descrescător* (butonul cu săgeata orientată în jos), afișarea formei de undă va începe *de la începutul alternanței sale negative* (imaginea din dreapta).

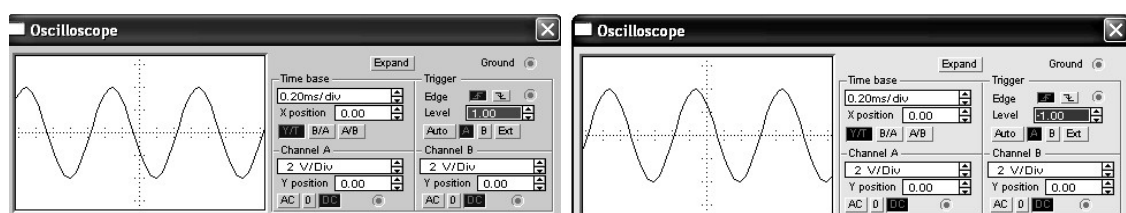


• Nivelul de declanșare - „Trigger Level” (-3.00 — 3.00)

Nivelul de declanșare este acea valoare a semnalului, pe care trebuie să o ia pentru a începe afișarea lui pe ecran. Acesta poate lua valori între: 3.00 (partea superioară a ecranului) și -3.00 (partea inferioară a ecranului).

În imaginile de mai jos sunt ilustrate cazurile:

- Level = + 1.00 (în stânga): afișarea începe din momentul trecerii semnalului prin valoarea corespunzătoare nivelului de 1 diviziune deasupra axei X
- Level = - 1.00 (în dreapta): afișarea începe din momentul trecerii semnalului prin valoarea corespunzătoare nivelului de 1 diviziune sub axa X.



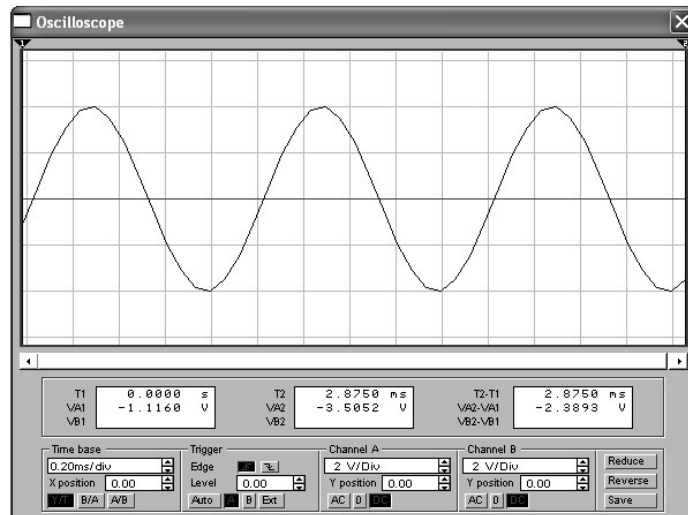
- **Semnalul de declanșare - „Trigger Signal”**

Declanșarea poate fi **internă**, în funcție de nivelul semnalelor aplicate pe canalele A sau B (cum s-a văzut mai sus, la Nivelul de declanșare), sau **externă**, în funcție de nivelul unui semnal extern aplicat la borna de declanșare (borna „**Trigger**”, sub borna de masă „Ground”).

Observație: Dacă se așteaptă ca semnalul să fie plat (semnal continuu sau cu variații foarte mici), sau dacă dorim ca afișarea semnalului să înceapă cât mai repede posibil, se va alege opțiunea **Auto**.

h. Expandarea osciloscopului - „Expand”

Butonul „**Expand**” expandează, extinde afișajul grafic al osciloscopului, mutând butoanele de control ale acestuia în partea de jos a ferestrei.



Revenirea la afișarea în fereastră mică se face executând clic pe butonul „**Reduce**”.

Pentru a tipări conținutul ecranului expandat se alege opțiunea **Print** din meniul **File**, apoi se bifează opțiunea „**XY Plot**”.