

Utilizarea editoarelor grafice în analiza circuitelor electrice: Electronics Workbench

1. Chestiuni de studiat

- 1.1 Declararea elementelor pasive și reactive de circuit
- 1.2 Declararea surselor independente
- 1.3 Declararea surselor dependente
- 1.4 Declararea circuitului și a tipului de analiză

2. Editoare grafice utilizate pentru descrierea și analiza circuitelor

În mediile de simulare mai evoluat, de tip Design Center, fișierul de date de intrare este introdus prin intermediul unui editor grafic numit Schematic, care utilizează, în locul liniilor de program prezentate în primul laborator, simbolurile grafice ale elementelor de circuit.

Acest program pune la dispoziția utilizatorului o puternică bibliotecă de subcircuite, acesta trebuind doar să specifice numai valorile parametrilor de model corespunzătoare dispozitivului folosit.

Un alt mediu de simulare, compatibil cu Design Center, utilizat în analiza circuitelor electrice este Electronics Workbench.

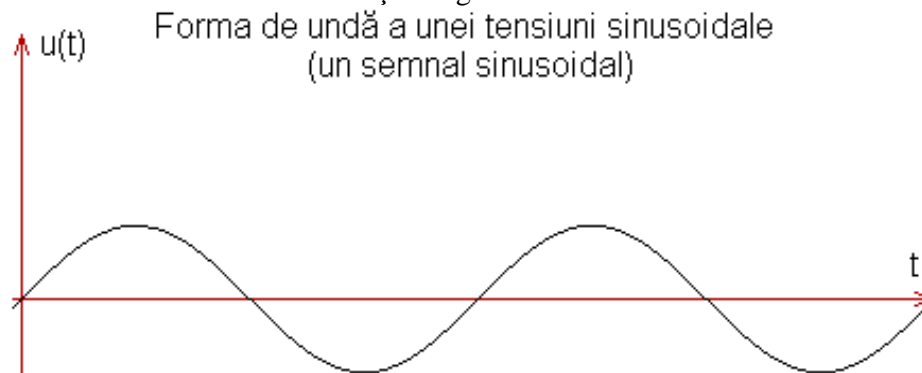
Electronics Workbench.

Semnale Electrice

Noțiunea de semnal electric desemnează reprezentarea grafică sau descrierea analitică a evoluției în timp a unei mărimi electrice (curent sau tensiune).

REPREZENTAREA GRAFICĂ A UNUI SEMNAL

Aceasta e denumită adeseori formă de undă și se figurează în coordonate carteziene.



DESCRIEREA ANALITICĂ A UNUI SEMNAL. PARAMETRII UNUI SEMNAL

Expresia matematică a unui semnal este:

$$v_A(t) = V_A + v_a(t)$$

Considerăm că semnalul este periodic. Parametrii unui astfel de semnal sînt:

- T , care este perioada semnalului = cel mai mic interval de timp după care valorile semnalului încep să se repete (matematic: cel mai mic număr T pentru care $v_A(t) = v_A(t+T)$);
- f , care este frecvența semnalului: $f = 1/T$.
- $v_a(t)$, care reprezintă partea variabilă a semnalului; această parte este de medie nulă, adică:

$$\overline{v_a(t)} = \frac{1}{T} \int_{(T)} v_a(t) dt = 0$$

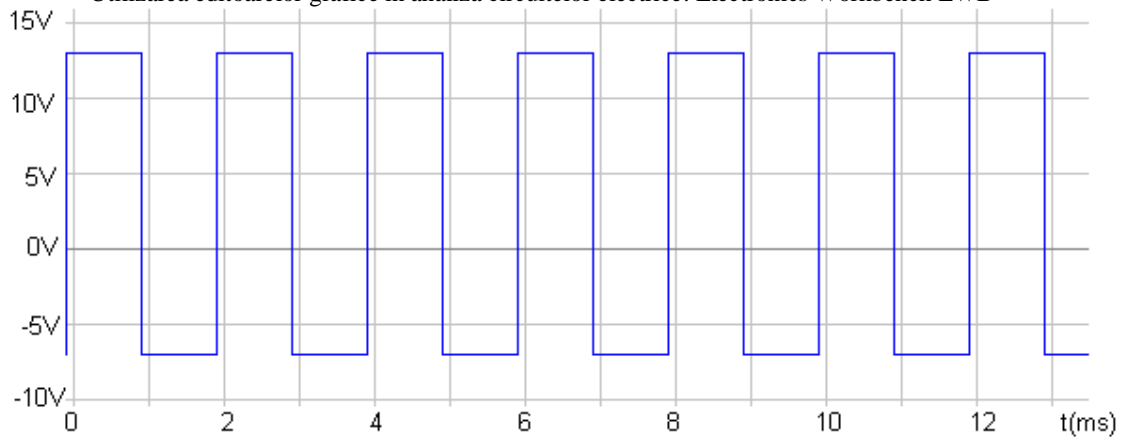
și se poate scrie sub forma: $v_a(t) = V_a \cdot f(t)$, unde $f(t)$ este o funcție ce dă forma semnalului, cu valori în intervalul $[-1;1]$, de medie nulă, iar V_a este amplitudinea semnalului = jumătate din diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă a semnalului $v_a(t)$;

- V_A , care reprezintă componenta continuă (care nu depinde de timp) a semnalului; în condițiile de mai sus ea se exprimă prin valoarea medie temporală a semnalului:

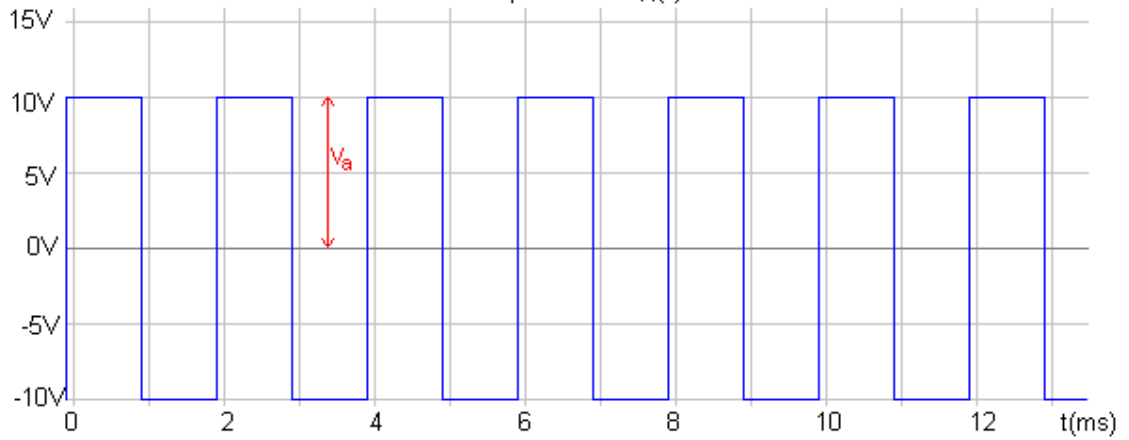
$$V_A = \frac{1}{T} \int_{(T)} v_A(t) dt$$

Componenta continuă poate fi mărită sau micșorată cu ajutorul unui offset = valoare constantă, care poate fi modificată de utilizator (vezi generatorul de funcții).

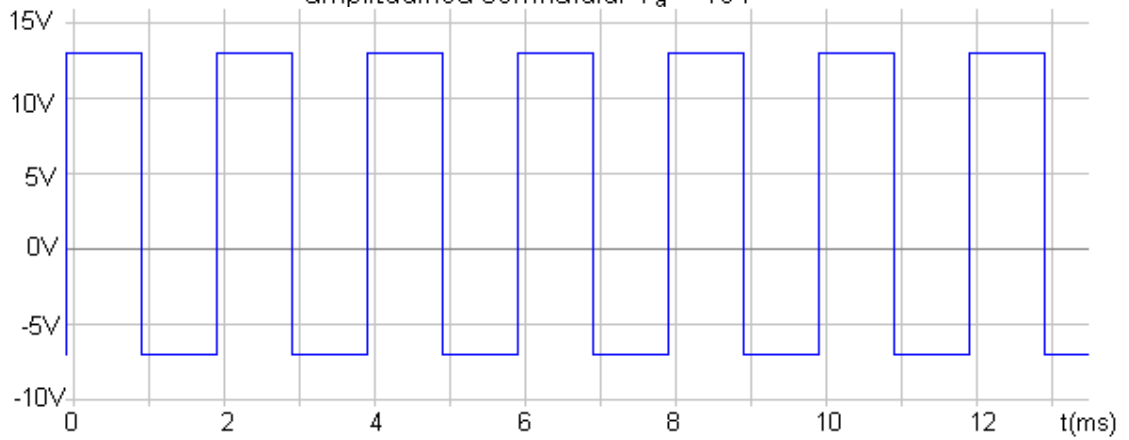
În figurile de mai jos sînt ilustrați acești parametri pentru un semnal periodic:



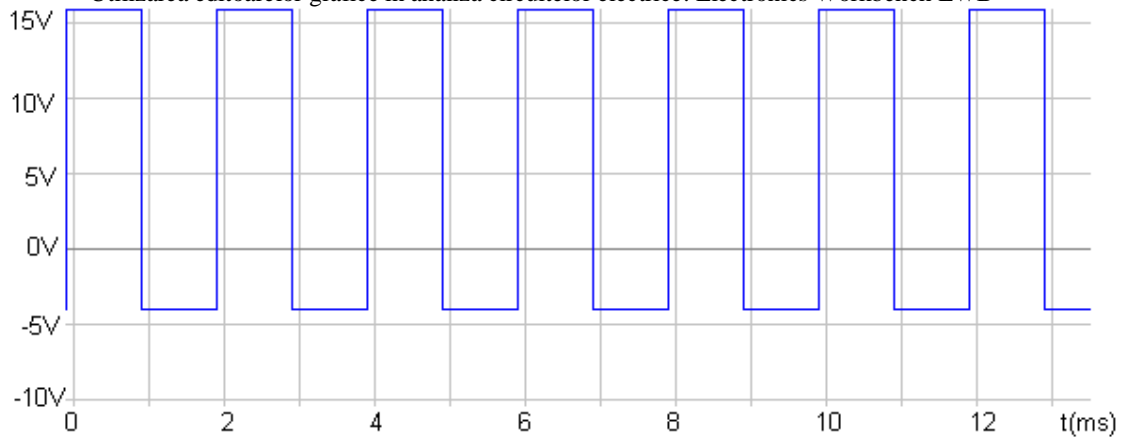
Semnalul periodic $v_A(t)$



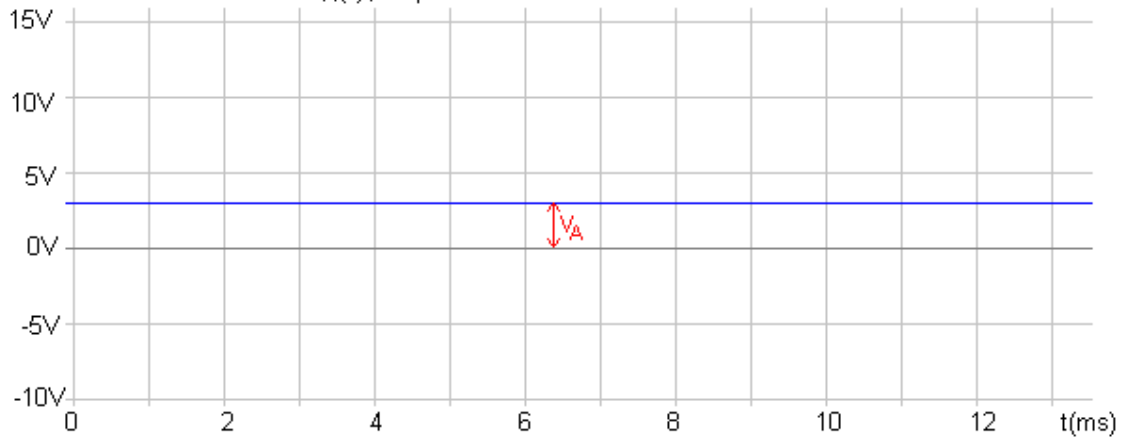
Semnalul $v_a(t)$, adică partea variabilă a semnalului $v_A(t)$; se observă amplitudinea semnalului $V_a = 10V$



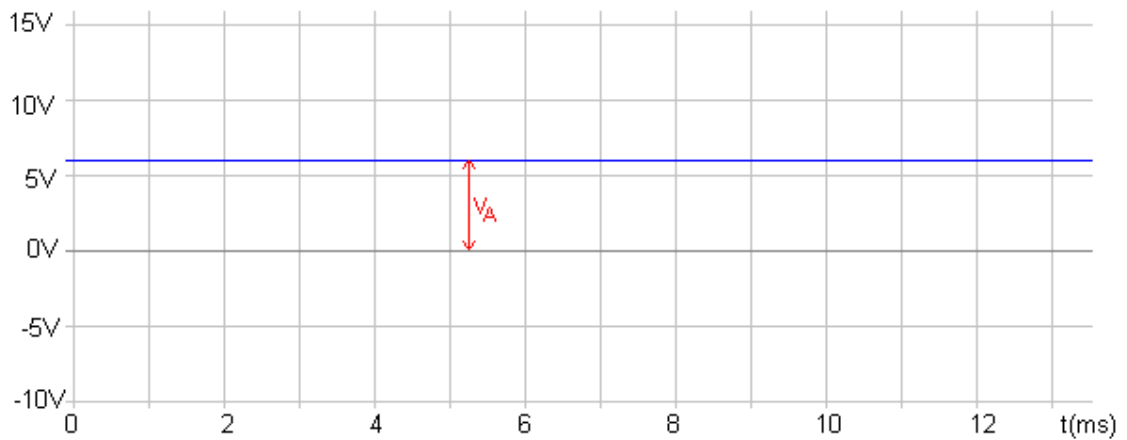
Semnalul periodic $v_A(t)$



Semnalul $v_A(t)$, după ce s-a introdus un offset de +3V



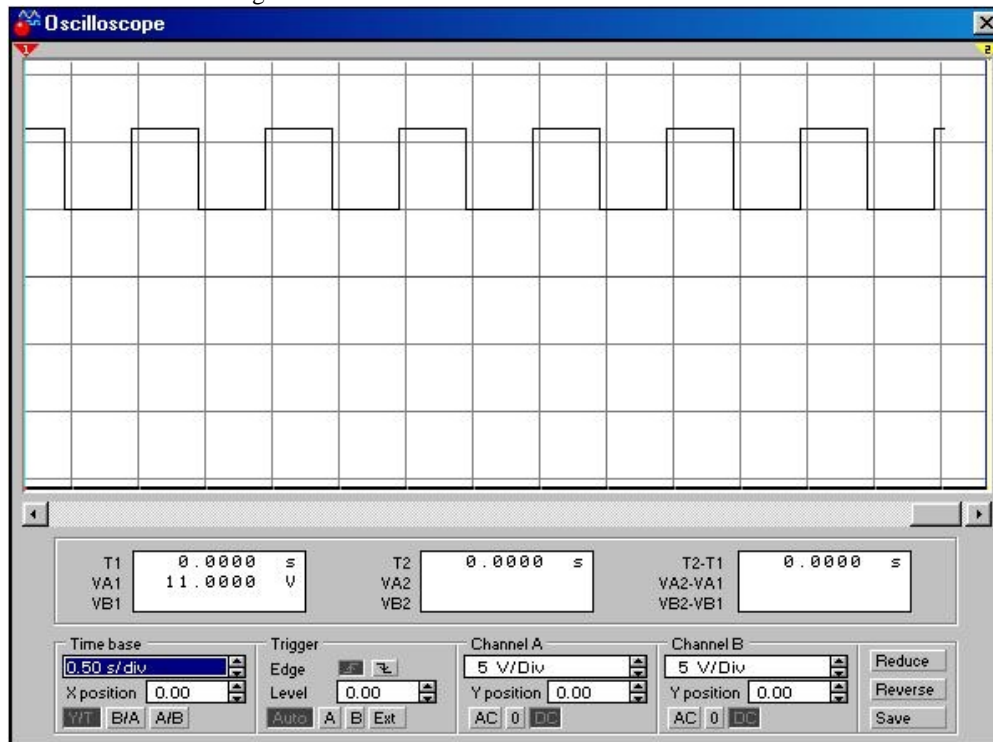
Componenta continuă a semnalului $v_A(t)$, adică $V_A = 3V$



Componenta continuă a semnalului $v_A(t)$, după introducerea offsetului de +3V: $V_A = 6V$

EXERCIȚIU

Să se precizeze amplitudinea, frecvența și componenta continuă ale semnalului de mai jos:



Notăm semnalul $v_A(t)$ cu $x(t)$. Mai putem defini doi parametri ai acestuia:

- puterea semnalului, care se exprimă prin relația:

$$P = \frac{1}{T} \int_{(T)} x^2(t) dt$$

După cum se observă, este vorba de puterea medie a semnalului, considerată în cazul în care rezistența în care se disipă această putere este de 1Ω .

- valoarea efectivă a semnalului, dată de relația:

$$X_{ef} = \sqrt{P}$$

APLICAȚIE Efect.ewb

GENERALIZARE

În cazul unui semnal neperiodic (aleator) dispar noțiunile de frecvență și perioadă. Pentru a defini celelalte noțiuni se consideră o trunchiere în timp a semnalului, de durată T . Astfel că:

- componenta continuă a semnalului (media în timp a semnalului) este:

$$V_A = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{(T)} v_A(t) dt$$

- puterea semnalului (notăm $v_A(t) = x(t)$) este:

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{(T)} x^2(t) dt$$

Ceilalți parametri se definesc similar cazului unui semnal periodic. Semnificația tuturor parametrilor rămîne aceeași, însă pentru un studiu riguros al semnalelor aleatoare trebuie folosite metode statistice.

Aparate Virtuale în EWB

1. Generatorul de Funcții (Generatorul de Semnale)

Generatorul de funcții este o sursă de tensiune care poate introduce în circuit un semnal cu o anumită formă de unda.

Caracteristicile semnalului ce pot fi modificate pentru a satisface cerințele utilizatorului sunt: forma de unda, frecvența de lucru, factorul de umplere, amplitudinea și componenta continuă (sau offset-ul).

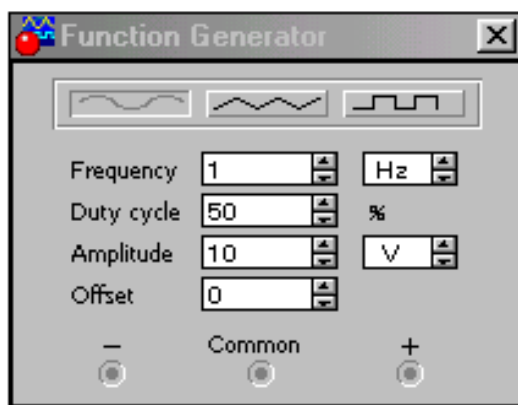
Simbolul generatorului de funcții (așa cum apare el în circuit) este următorul:



Pentru a lucra în programul EWB cu generatorul de funcții (sau de semnal) acesta trebuie **adus în zona de lucru din meniul** principal al programului.

După ce s-a realizat acest lucru se trece la setarea celor 5 parametri ai semnalului prezentați mai sus astfel încât aparatul să genereze tipul de semnal de care utilizatorul are nevoie. Pentru aceasta se apasă de două ori succesiv pe butonul din stanga al mouse-ului tinand sageata acestia pe simbolul generatorului și se modifică în următoarea fereastră acești parametri :

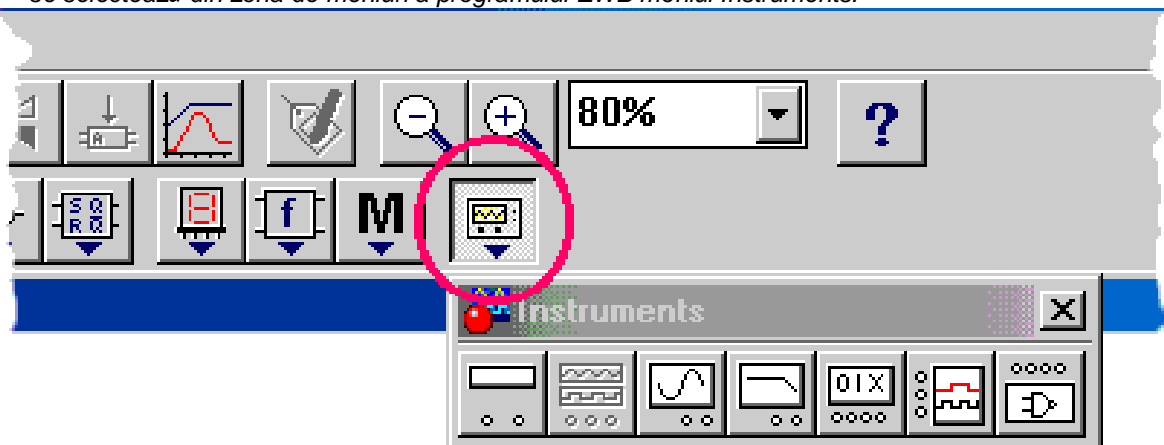
- forma de unda
- frecvența
- factorul de umplere
- amplitudinea
- offset-ul



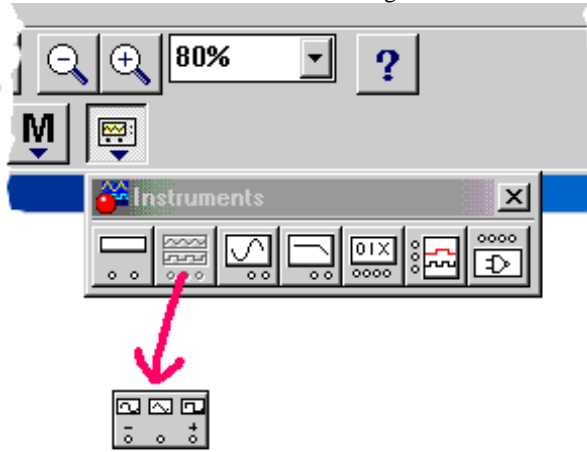
În final nu ne mai rămâne decât să **conectăm în circuit generatorul de funcții** și simularea poate începe!
Zona de Lucru. Meniu

Generatorul de semnal se aduce în zona de lucru astfel:

- se selectează din zona de meniuri a programului EWB meniul Instruments:



- după expandarea acestuia, se alege al doilea simbol și se aduce în zona de lucru tinand butonul din stanga al mouse-ului apasat pana cand aparatul ajunge in locul dorit:



Forma de Undă

Există trei forme de undă: sinusoidală, dreptunghiulară și triunghiulară.

În figura următoare se poate vedea cum se poate alege de exemplu forma de unda sinusoidală:

Se selectează butonul corespunzător formei de undă dorite

Frecvența

Frecvența semnalului poate varia în intervalul 1 Hz - 999 MHz.

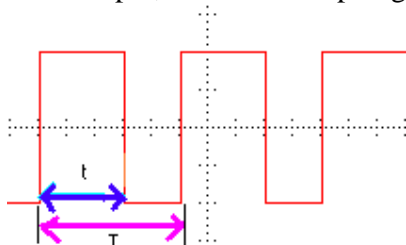
În figura următoare se vede cum poate fi setată frecvența semnalului:

Se poate alege valoarea absolută și unitatea de măsură (dintre multiplii și submultiplii hertz-ului)

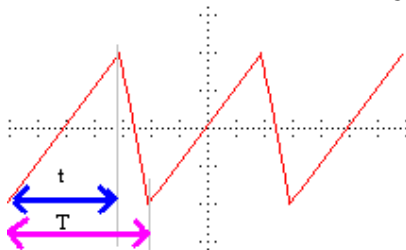
Factorul de umplere (duty cycle)

Factorul de umplere (duty cycle) este egal cu raportul dintre palierul semnalului sau frontul crescător la semnale triunghiulare, (t) și perioada semnalului (T): $d=t/T$

De exemplu, un semnal dreptunghiular cu factorul de umplere de 60% arata astfel:



iar un semnal triunghiular cu factorul de umplere de 80% este urmatorul:



Valoarea factorului de umplere poate varia în intervalul 1 % - 99 %.

În figura următoare se vede cum poate fi setat factorul de umplere:

The screenshot shows the 'Function Generator' dialog box. The 'Duty cycle' field is set to '50' and the unit is '%'. A red arrow points to the '%' symbol.

Se poate alege valoarea factorului de umplere în procente.

Amplitudinea semnalului

Amplitudinea semnalului reprezintă suma tensiunilor maxime și minime atinse de semnal împărțită la 2:

$$A = (U_{min} + U_{max}) / 2$$

În EWB, amplitudinea poate lua valori între 1 V și 999 kV.

Dacă generatorul de funcții este conectat în circuit de la bornele + și - (și nu una dintre bornele + sau - și masa), atunci amplitudinea semnalului va fi dublă față de cât este setată.

Setarea amplitudinii semnalului se face astfel:

The screenshot shows the 'Function Generator' dialog box. The 'Amplitude' field is set to '10' and the unit is 'V'. A red arrow points to the 'V' symbol.

Se poate alege valoarea absolută și unitatea de măsură (dintre multiplii și submultiplii voltului)

Nivelul de offset

Nivelul de offset reprezintă o tensiune continuă care se adună algebric la componenta continuă a semnalului. Ea poate fi setată în intervalul -999 kV și 999 kV.

Nivelul de offset poate fi setat astfel:

The screenshot shows the 'Function Generator' dialog box. The 'Offset' field is set to '0'. A red arrow points to the field.

Se poate alege valoarea offsetului (în volți)

Conectarea în circuit a generatorului de funcții

Dupa cum se observă, generatorul de semnal are trei borne de legătură cu exteriorul:

-minus (“-“)

-common

-plus (“+”)

Generatorul va funcționa corect, adică va genera un semnal în circuit, dacă oricare două dintre aceste trei borne sunt conectate. Avem astfel, la dispoziție mai multe variante de conectare.

O primă variantă ar fi să conectăm borna common la masă și borna “+” (sau “-“) în circuit. Semnalul va începe cu alternanța pozitivă (sau negativă).

Exemplu: exemplu1.ewb.

A doua variantă ar fi să conectăm aparatul de la bornele “+” și “-“. Semnalul obținut va avea amplitudinea dublă și va începe cu alternanța dată de borna care nu este conectată la masa.

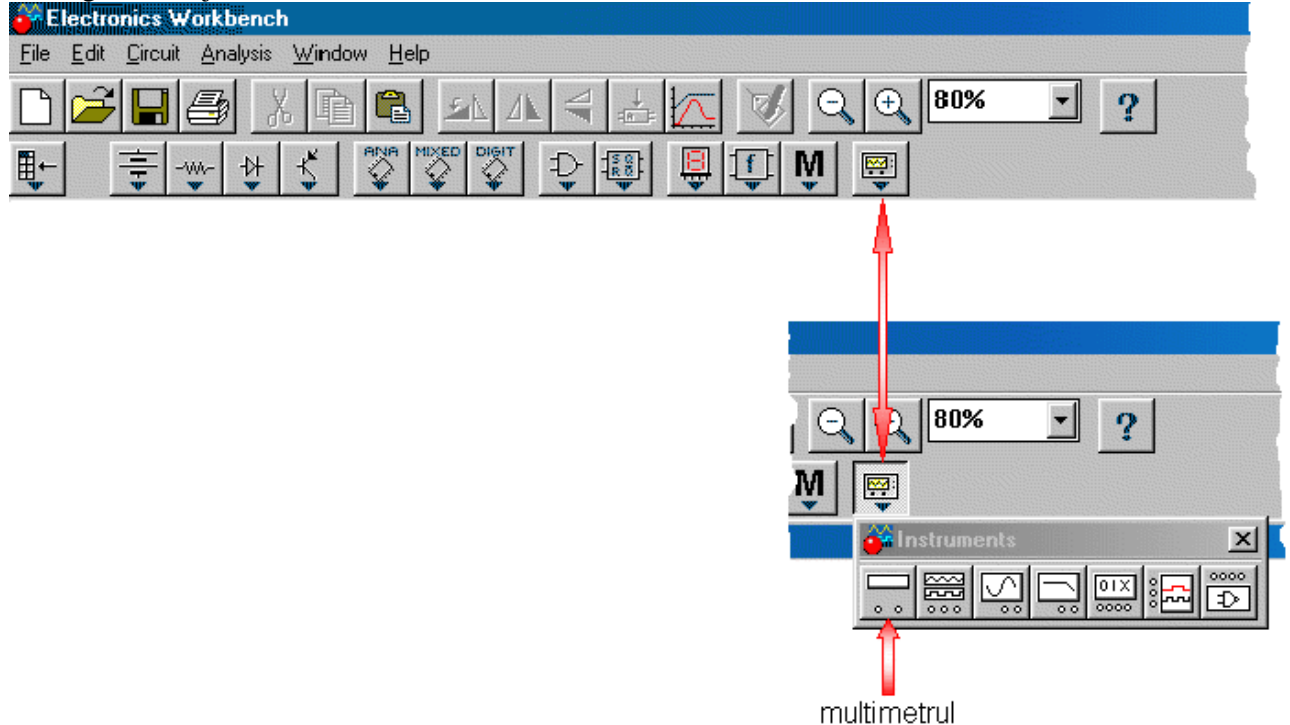
Exemplu: exemplu2.ewb.

Ultima variantă este să conectăm borna “+” (sau “-“) la masă și borna common în circuit. Semnalul va începe cu alternanța negativă (sau pozitivă).

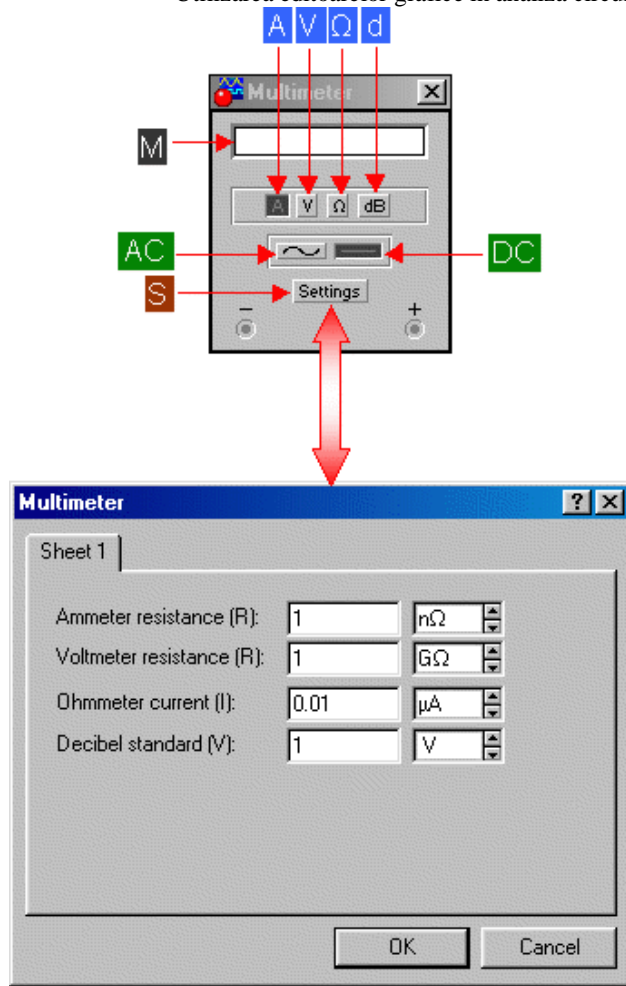
Exemplu: exemplu3.ewb.

2. Multimetrul

Multimetrul electronic, așa cum sugerează și numele său, îndeplinește funcțiile mai multor aparate electronice de măsură. Multimetrul din Electronics Workbench se apropie foarte mult de un multimetru real. El se aduce în zona de lucru a programului într-un mod asemănător aducerii osciloscopului, așa cum este figurat mai jos:



Panoul frontal al multimetrului arată astfel:



- A** -> butonul care activează ampermetrul
- V** -> butonul care activează voltmetrul
- Ω** -> butonul care activează ohmmetrul
- d** -> butonul care activează decibelmetrul
- M** -> afișajul multimetrului
- AC** -> se consideră semnalul de la intrare fără componenta continuă
- DC** -> se consideră numai componenta continuă a semnalului de la intrare
- S** -> butonul care deschide meniul setărilor multimetrului

Se observă că în câmpurile din **meniul setărilor multimetrului** se pot introduce valori specifice fiecărui aparat. Aparatele electronice de măsură pe care le înglobează multimetrul sînt:

1. **ampermetrul**
2. **voltmetrul**
3. **ohmmetrul**
4. **decibelmetrul**

Deci, la fel ca la un multimetru real, trebuie să avem grijă **cum îl conectăm** în circuit.

Trebuie menționat că multimetrul trece automat de la o scară la alta, în funcție de valoarea mărimii pe care o măsurăm.

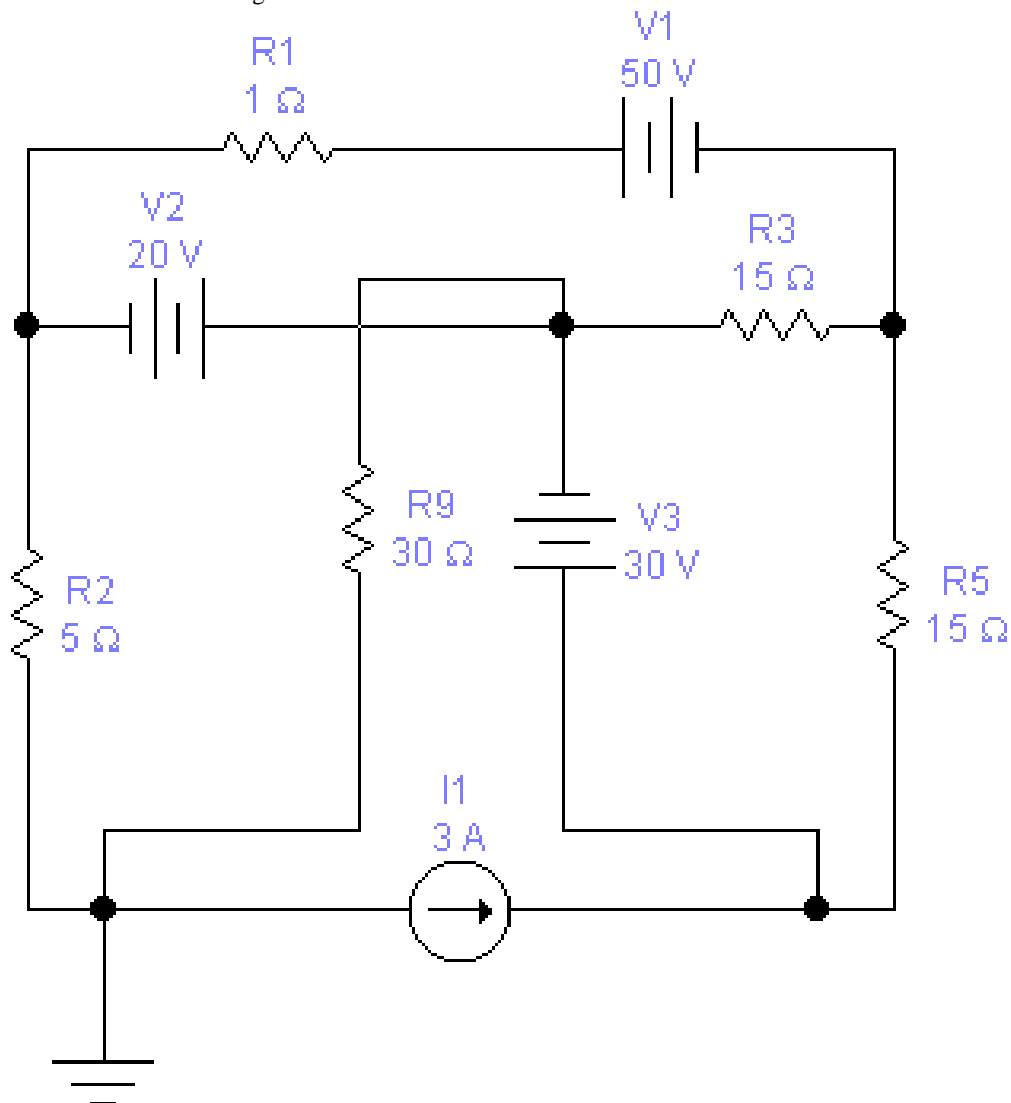
Atenție! Dacă semnalul măsurat cu multimetrul este variabil în timp, atunci aparatul indică **valoarea efectivă** a acestui semnal, care poate fi un curent sau o tensiune.

- valoarea efectivă a semnalului, dată de relația:

$$X_{ef} = \sqrt{P}$$

În final, iată o aplicație care să sintetizeze cunoștințele acumulate în această lucrare:

- în circuitul de mai jos determinați tensiunile care cad pe fiecare componentă și curenții care circulă prin fiecare componentă; determinați cu ajutorul teoremei Norton generatorul echivalent de curent, așa cum este el văzut la bornele rezistenței R5.



Multi.ewb

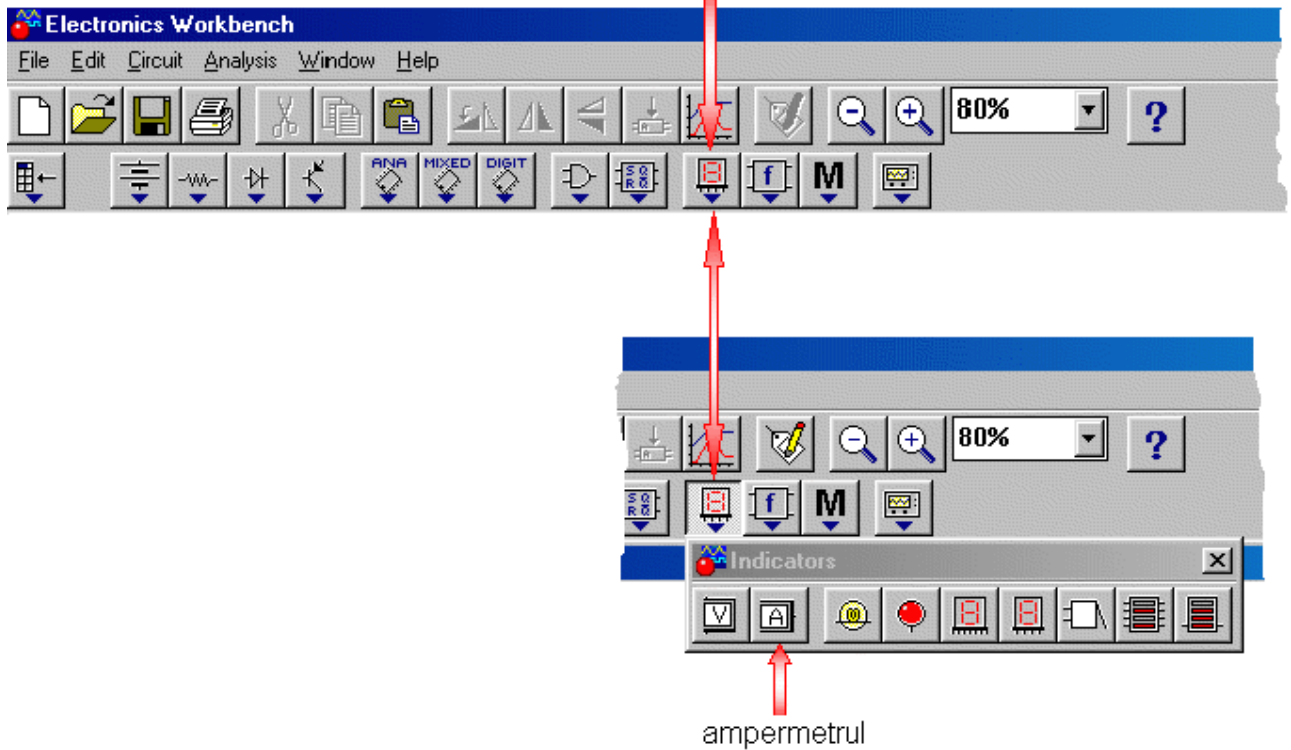
AMPERMETRUL

Cu ampermetrul se pot afla valorile curenților dintr-un circuit. Pentru ca modelul pe care îl folosim să fie cât mai aproape de cel ideal, adică dacă dorim ca **modul în care conectăm ampermetrul** să influențeze cât mai puțin valoarea curentului măsurat, trebuie ca aparatul să aibă o impedanță internă cât mai mică.

Dacă folosim ampermetrul, acesta trebuie inserat în circuit în serie cu componenta sau cu latura de circuit prin care vrem să aflăm valoarea intensității curentului

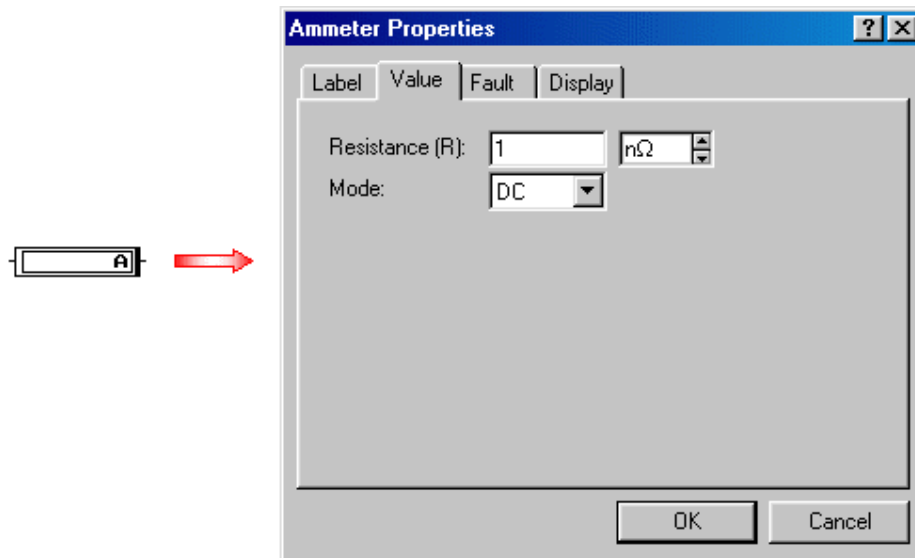
Această valoare a impedanței (rezistenței) interne a ampermetrului (notată cu R) o putem modifica chiar noi în **meniul setărilor multimetrului**.

Dacă dorim să urmărim în același timp mai mulți curenți într-un circuit, varianta folosirii multimetrului nu este recomandată (în afară de faptul că nu avem decât un singur multimetru, trebuie ținut cont că pentru fiecare circuit trebuie să refacem montajul și să repornim simularea). Se pot folosi foarte ușor ampermetrele din meniul "Indicators", care sînt nelimitate ca număr și cărora nu trebuie decât să le precizăm rezistența internă și regimul în care să lucreze (curent continuu sau curent alternativ):



ampermetrul

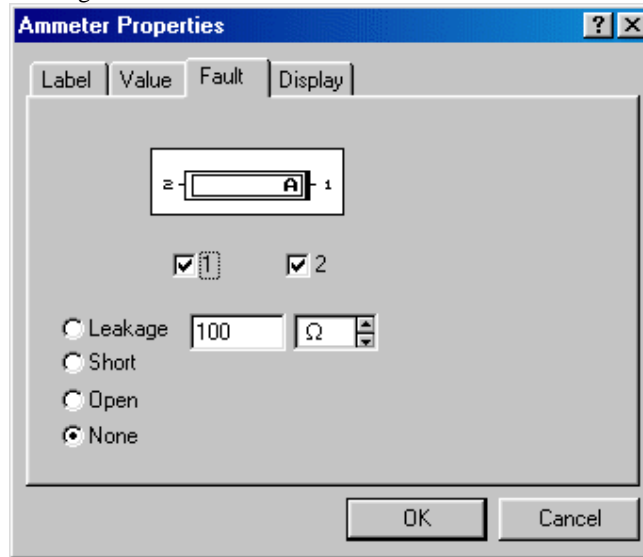
Dând double-click pe simbolul ampermetrului apare un meniu în care putem schimba parametrii aparatului:



Desigur, modul în care conectăm ampermetrul rămâne același.

APLICAȚIE Amper1.ewb

Folosind acest ampermetru avem posibilitatea de a indica și o rezistență parazită a instrumentului. Sau putem considera că ampermetrul apare în circuit ca un gol sau ca un scurtcircuit. Nu avem decât să apăsăm butonul "Fault" din meniul de mai sus și va apărea o nouă fereastră:



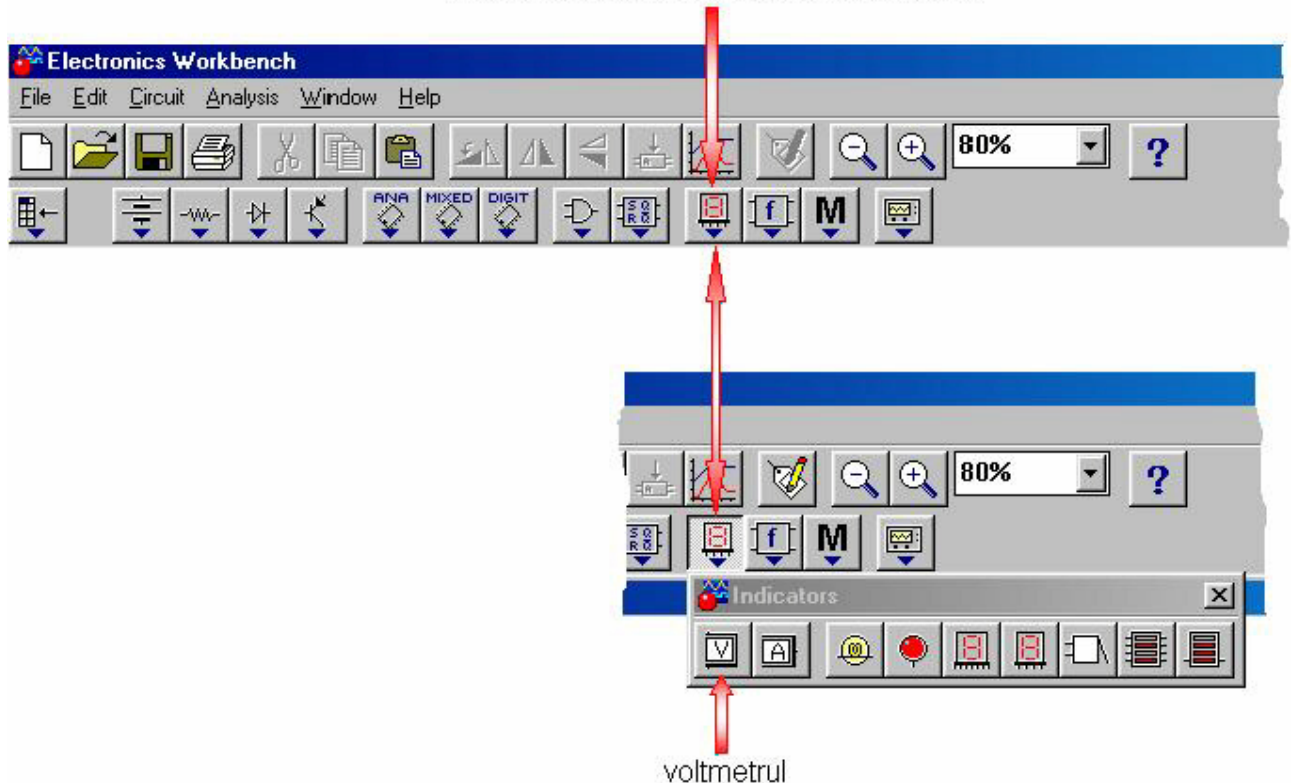
APLICAȚIE Amper2.ewb VOLTMETRUL

Cu voltmetrul se pot afla valorile tensiunilor dintr-un circuit. Pentru ca modelul pe care îl folosim să fie cât mai aproape de cel ideal, adică dacă dorim ca **modul în care conectăm voltmetrul** să influențeze cât mai puțin valoarea curentului măsurat, trebuie ca aparatul să aibă o impedanță internă cât mai mare. Dacă folosim voltmetrul, acesta trebuie inserat în circuit în paralel cu componenta pe care dorim să aflăm căderea de tensiune.

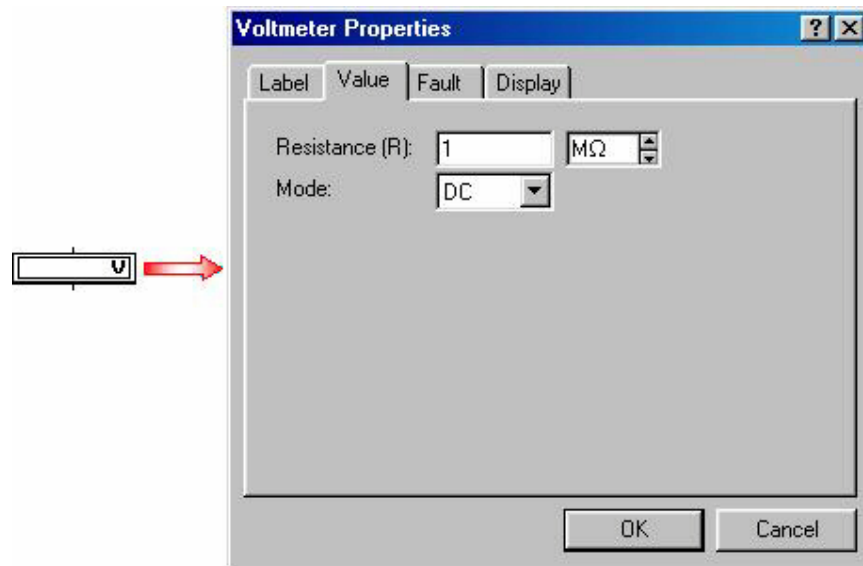
Această valoare a impedanței (rezistenței) interne a voltmetrului (notată cu R) o putem modifica chiar noi în **meniul setărilor multimetrului**.

Dacă dorim să urmărim în același timp mai multe tensiuni într-un circuit, varianta folosirii multimetrului nu este recomandată (nu avem decât un singur multimetru, deci nu putem urmări mai multe tensiuni în același timp). Se pot folosi foarte ușor voltmetrele din meniul "Indicators", care sînt nelimitate ca număr și cărora nu trebuie decât să le precizăm rezistența internă și regimul în care să lucreze (curent continuu sau curent alternativ):

butonul care deschide meniul cu indicatori



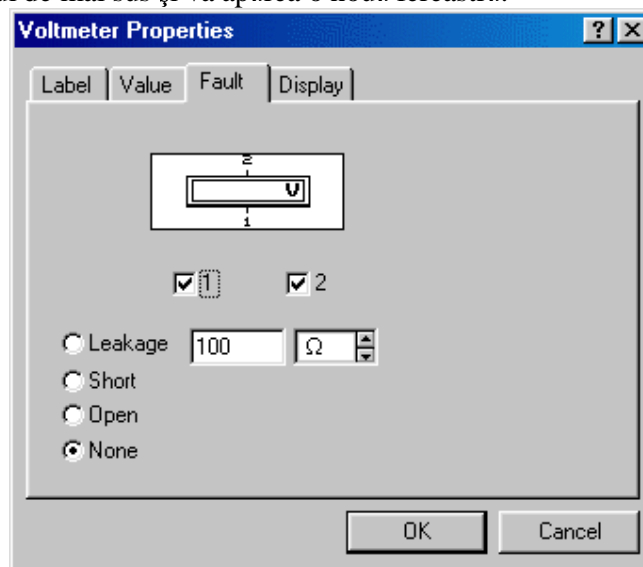
Dând double-click pe simbolul ampermetrului apare un meniu în care putem schimba parametrii aparatului:



Modul în care conectăm voltmetrul rămâne același.

APLICAȚIE Volt1.ewb

Folosind acest voltmetru avem posibilitatea de a indica și o rezistență parazită a instrumentului. Sau putem considera că voltmetrul apare în circuit ca un gol sau ca un scurtcircuit. Nu avem decât să apăsăm butonul "Fault" din meniul de mai sus și va apărea o nouă fereastră:



APLICAȚIE Volt2.ewb

OHMMETRUL

Ohmmetrul este aparatul electronic cu ajutorul căruia putem măsura impedanțe într-un circuit. În afară de faptul că trebuie să fim atenți **cum conectăm aparatul în circuit**, trebuie să avem grijă ca **multimetrul să trateze doar componenta continuă a semnalului de la intrare**.

Dacă folosim ohmmetrul, acesta trebuie inserat în circuit în paralel cu porțiunea de circuit a cărei rezistență vrem s-o aflăm.

Funcționarea ohmmetrului se bazează pe injectarea unui mic curent în componenta a cărei impedanță vrem s-o măsurăm și pe măsurarea căderii de tensiune astfel apărute. Valoarea impedanței va apărea ca raportul dintre tensiunea măsurată și curentul injectat. Acest curent (notat cu I) poate fi stabilit chiar de noi în **meniul setărilor multimetrului**.

Desigur, și cu decibelmetrul trebuie să fi atenți la **conectarea în circuit**.

Dacă folosim decibelmetrul, acesta se poate insera oricum în circuit, având grijă ca diferența de potențial dintre punctele la care conectăm sondele să nu fie 0.

APLICAȚIE Ohm1.ewb

DECIBELMETRUL

Decibelmetrul este un aparat electronic cu ajutorul căruia putem stabili ce amplificare sau atenuare în tensiune apare între două puncte ale unui circuit. Această mărime se măsoară în decibeli (dB), iar decibelmetrul deduce valoarea ei folosind expresia:

$$A = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{V^+ - V^-}{V} \right|, \text{ unde } V^+ \text{ și } V^- \text{ reprezintă potențialul citit la borna "+" , respectiv potențialul citit la borna "-"}.$$

Valoarea lui V (adică a potențialului de referință) o putem stabili chiar noi în **meniul setărilor multimetrelui**.

Se observă că în câmpurile din meniul setărilor multimetrelui se pot introduce valori specifice fiecărui aparat.

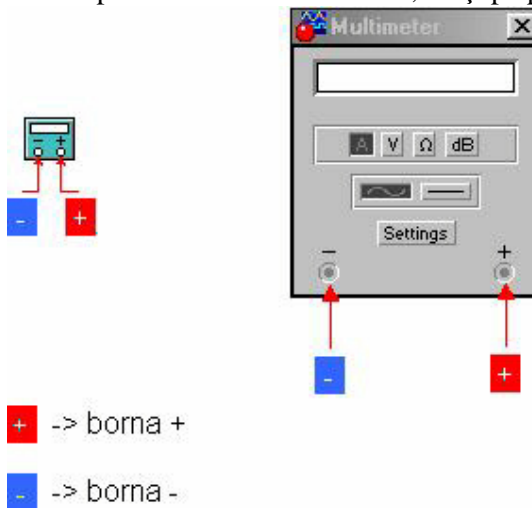
Desigur, și cu decibelmetrul trebuie să fim atenți la **conectarea în circuit**.

Dacă folosim decibelmetrul, acesta se poate insera oricum în circuit, având grijă ca diferența de potențial dintre punctele la care conectăm sondele să nu fie 0

APLICAȚIE Deci.ewb

CONECTAREA MULTIMETRULUI

Legarea multimetrelui la circuitul pe care efectuăm măsurătorile este relativ simplă. Ea se face prin intermediul a două borne, vizibile atât pe simbolul multimetrelui, cât și pe panoul frontal al acestuia:



Atenție! Ambele borne trebuie conectate la circuit, lucru care în practică se face prin intermediul sondelor de legătură, iar în EWB prin intermediul traseelor de circuit. Conectarea diferă, în funcție de care din aparatele înglobate în multimetru folosim:

- dacă folosim ampermetrul, acesta trebuie inserat în circuit în serie cu componenta sau cu latura de circuit prin care vrem să aflăm valoarea intensității curentului, așa cum se vede în **aplicația 1** ;
- dacă folosim voltmetrul, acesta trebuie inserat în circuit în paralel cu componenta pe care dorim să aflăm căderea de tensiune, așa cum se vede în **aplicația 2**;
- dacă folosim ohmmetrul, acesta trebuie inserat în circuit în paralel cu porțiunea de circuit a cărei rezistență vrem s-o aflăm, așa cum se vede în **aplicația 3**;
- dacă folosim decibelmetrul, acesta se poate insera oricum în circuit, având grijă ca diferența de potențial dintre punctele la care conectăm sondele să nu fie 0; **aplicația 2**.

Conectarea ampermetrului; aplicația 1

Măsurați curenții prin fiecare latură a circuitului de mai jos: **Multi.ewb**

Conectarea voltmetrului și a decibelmetrului; aplicația 2

Măsurați căderile de tensiune pe fiecare din rezistoarele circuitului de mai jos: **Multi.ewb**

Dați și valoarea în decibeli a acestor tensiuni.

Conectarea ohmmetrului; aplicația 3

Aflați rezistența echivalentă a circuitului de mai jos, așa cum este văzută la bornele sursei de 30 de volți:
Multi.ewb

3. Osciloscopul

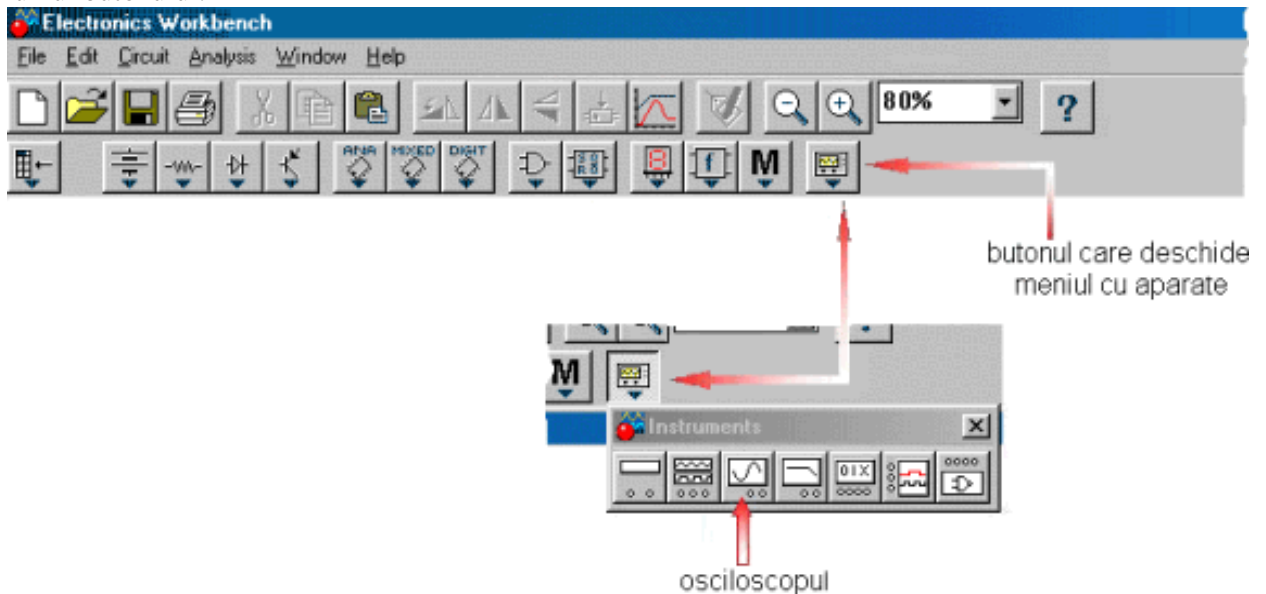
Osciloscopul este unul dintre cele mai importante aparate electronice de măsură. Cu un osciloscop putem oricând lua "pulsul" unui circuit electronic. Adică putem vizualiza în orice punct al circuitului **forma de undă** a tensiunii electrice din acel loc, care reprezintă un *semnal electric*. Dar, atenție! Pentru a avea o tensiune avem nevoie de un potențial de referință, căci osciloscopul măsoară tensiunea ca diferența dintre potențialul punctului în care măsurăm și potențialul de referință ales. Trebuie, deci, să avem grijă cum **conectăm osciloscopul** în circuit.

Este bine de știut că un *osciloscop real* este mai complex decât osciloscopul din EWB. În primul rând cele două diferă prin modul de funcționare: în EWB programul calculează tensiunile în punctele de măsură, pe când în realitate apariția semnalului pe monitorul osciloscopului se datorează unei serii de fenomene fizice.

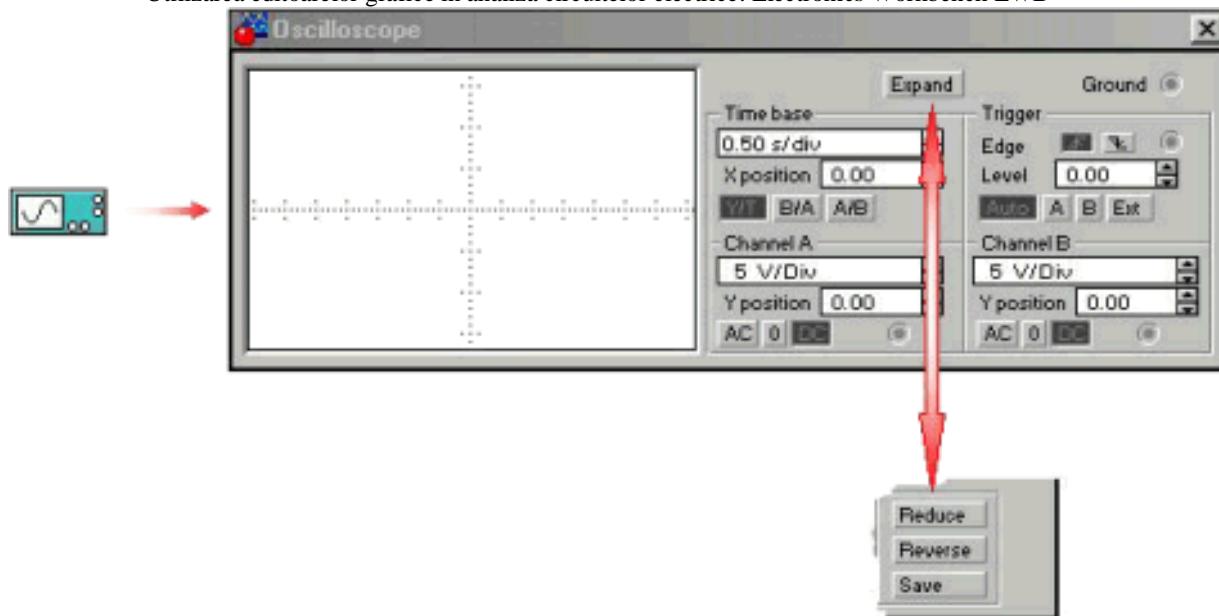
Acum iată câteva lămuriri în legătură cu funcționarea osciloscopului din EWB.

Pentru a utiliza osciloscopul el trebuie adus în zona de lucru. Meniul cu aparate poate fi accesat clicând cu butonul stâng al mouse-ului pe butonul indicat în figura de mai jos. Osciloscopul este al treilea aparat.

Clicați cu butonul stâng al mouse-ului pe el, țineți butonul apăsat, aduceți aparatul în zona de lucru și dați drumul butonului.



Pentru a vedea mărit panoul frontal al osciloscopului dați double-click pe el. Primul buton de pe acest panou este cel de zoom. Apăsând pe el panoul frontal se mărește, dezvăluind noi controale și înlăturând mufele prin care se fac conexiunile osciloscopului cu circuitul. În acest moment butonul "Expand" s-a transformat în butonul "Reduce", cu care se poate reveni la reprezentarea micșorată a panoului.

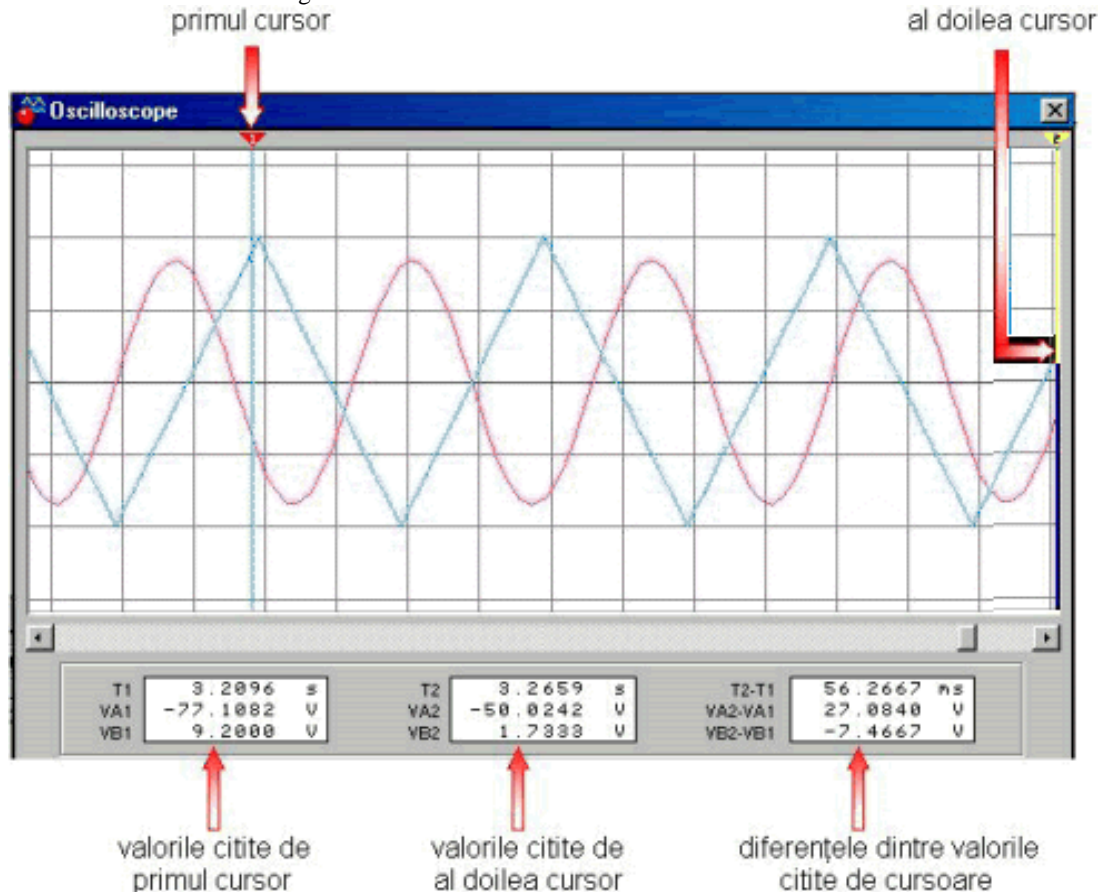


În reprezentarea micșorată pe afișajul osciloscopului apar două axe ortogonale, fiecare cu un anumit număr de diviziuni. Tot în această reprezentare se poate observa mufa "Ground" prin care se face legarea osciloscopului la potențialul de referință, precum și alte mufe, care vor fi menționate mai jos.

Afît în reprezentarea micșorată, cît și în cea mărită a panoului frontal se disting patru blocuri cu reglaje și mufe:

- 1) blocul **TIME BASE (BAZA DE TIMP)**
- 2) blocurile **CHANNEL A (CANALUL A)** și **CHANNEL B (CANALUL B)**
- 3) blocul **TRIGGER (DECLANȘARE)**

În reprezentarea mărită a panoului frontal al osciloscopului "ecranul" acestuia se modifică, apropiindu-se ca aspect de cel al unui osciloscop real. Axele ortogonale dispar, iar diviziunile verticale și cele orizontale se continuă prin paliere. De asemenea apar și două cursoare verticale numerotate 1 și 2. Ele pot fi mutate de-a lungul monitorului apăsînd cu butonul stîng al mouse-ului pe partea numerotată și țînînd butonul apăsînd în timp ce deplasăm mouse-ul. Valorile citite de aceste cursoare sînt afișate în două cîmpuri aflate sub monitorul osciloscopului (sînt afișate valoarea tensiunii și momentul de timp la care aceasta a fost citită). Mai există aici și un al treilea cîmp, în care sînt afișate diferențele dintre valorile culese de cele două cursoare.



Osciloscopul din EWB este un osciloscop cu memorie. De aceea în reprezentarea mărită a panoului frontal, în cazul în care afișarea semnalului măsurat durează mai multe ecrane, putem "vedea" valori ale semnalului anterioare sau posteroare poziției curente în cadrul reprezentării acestuia. Tot ce trebuie să facem este să ne folosim de bara de deplasare aflată sub afișaj.

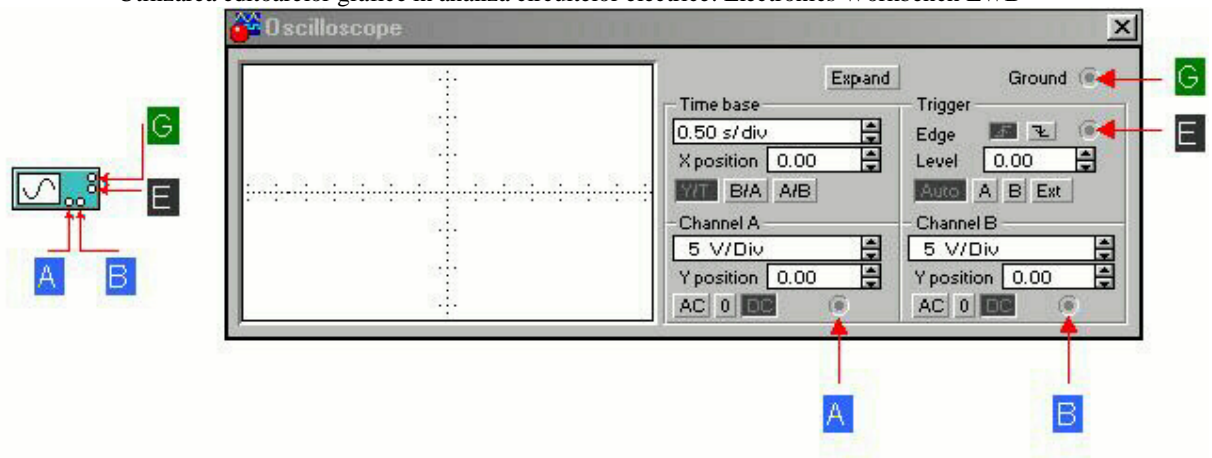
Tot în reprezentarea mărită se observă butonul "Save". Apăsându-l puteți salva informațiile înregistrate de osciloscop într-un fișier cu extensia ".scp". Acest fișier poate fi folosit pentru **refacerea semnalului memorat de osciloscop**.

Se poate observa cu osciloscopul și comportarea circuitelor cu componente pasive în regim tranzitoriu (*Pasiv.ewb*).

SEMNAL ..\semnale\semnal.htm

CONECTAREA OSCILOSCOPULUI ..\Osciloscop\conect.htm

Osciloscopul se leagă la circuitul pe care efectuăm măsurătorile prin intermediul a patru mufe, vizibile atât pe simbolul osciloscopului, cât și pe panoul frontal al acestuia:



A -> mufa de legătură la sursa semnalului A

B -> mufa de legătură la sursa semnalului B

E -> mufa de legătură la sursa semnalului extern de sincronizare

G -> mufa de legătură la potențialul de referință

Cel mai adesea potențialul de referință se alege ca fiind masa circuitului.

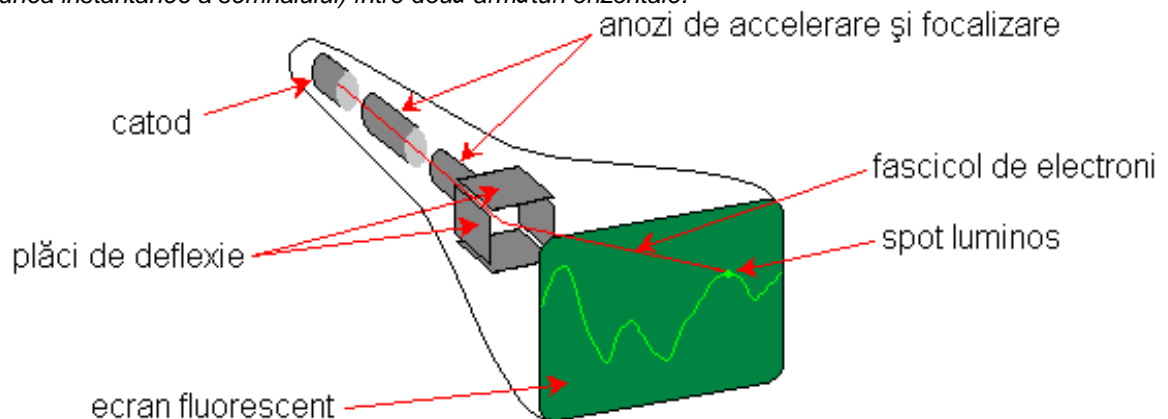
În Electronics Workbench (EWB) legarea osciloscopului la masă nu mai este necesară dacă întregul circuit pe care facem măsurările este legat la masă. Trebuie menționat că **putem vizualiza cu osciloscopul chiar două tensiuni Oscilo4.ewb**, ambele față de aceeași referință. Ele se "introduc" în aparat prin intermediul mufelor din **blocul Channel A**, respectiv **blocul Channel B**.

Notiune importantă: semnalul extern de sincronizare -> vezi **blocul Trigger**.

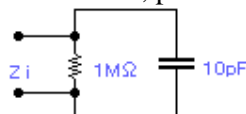
OSCILOSCOPUL REAL ..\Osciloscop\real.htm

Principala sa componentă este tubul catodic, care are la un capăt un ecran fluorescent. Pe acesta apare un spot luminos generat de interacțiunea unui fascicol de electroni cu **luminoforul**. Acest spot baleiază ecranul în ritmul semnalului măsurat, fenomen ce poate fi explicat astfel:

- fascicolul este generat de un termocatod și accelerat și focalizat de doi anozii cilindrici;
- baleierea se datorează devierii periodice pe orizontală a fascicolului, deviere apărută în urma aplicării unei tensiuni între două armături verticale;
- apariția pe monitor a unei imagini ce evoluează în același mod ca și semnalul măsurat se datorează devierii pe verticală a fascicolului de electroni, deviere apărută ca urmare a aplicării unei tensiuni (proporțională cu tensiunea instantanee a semnalului) între două armături orizontale.



De aceea la osciloscopul real mai apar și alte controale, pe care nu le vom descrie aici.



Circuitul în care este introdus vede osciloscopul printr-o impedanță de intrare, Z_i .

O rezistență R_i de 1 MOhm și o capacitate C_i de aproximativ 10 pF, legate în paralel, dau această impedanță de intrare a aparatului.

Osciloscopul reprezintă tensiuni, și atunci, pentru a fi un bun receptor de tensiune trebuie să aibă o impedanță de intrare mare.

Efectul capacității C_i se va face simțit când se lucrează la frecvențe mari (100 MHz și peste), într-o

măsură din ce în ce mai mare, devenind supărător, deoarece expune circuitului o reactanță $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C_i}$ din ce în ce mai mică, pînă la urmă scurtcircuitînd R_i .

Problema este clară dacă studiați circuitul cu ÎNCĂ un aparat de măsură. De cele mai multe ori, inevitabil, acesta va simți impedanța Z_i a "concurrentului" său și va măsura în consecință, rezultînd o afișare eronată la ambele aparate.

luminofor = substanță luminescentă depusă pe peretele interior al ecranului de sticlă al tubului catodic.

BAZA DE TIMP (TIME BASE) ..\Osciloscop\baza.htm



B -> cîmpul în care se trece valoarea bazei de timp

F -> butoane ce stabilesc tipul semnalului vizualizat

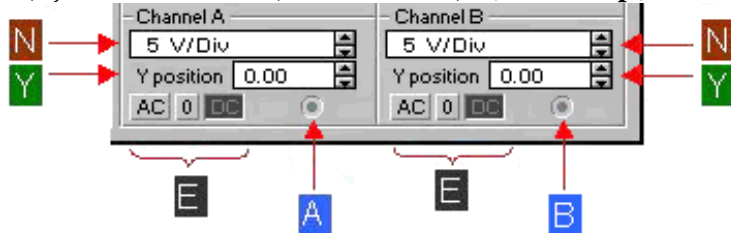
X -> numărul de diviziuni orizontale cu care deplasăm voit semnalul pe verticală

De aici putem lărgi sau îngusta semnalul afișat (păstrîndu-se însă marginea din stînga); este vorba de fapt de mărirea sau micșorarea intervalului de timp în care spotul luminos ce baleiază ecranul ar parcurge o diviziune orizontală dacă nu s-ar aplica nici un semnal la intrările osciloscopului; acest interval e denumit BAZA DE TIMP; tot în acest bloc se poate decide ce fel de semnal vedem, prin intermediul a trei butoane:

1. *Y/T* -> variația tensiunii măsurate în funcție de timp;
2. *B/A* -> variația tensiunii B în funcție de tensiunea A;
3. *A/B* -> variația tensiunii A în funcție de tensiunea B.

APLICAȚIE Frecventa2.ewb

CHANNEL A (CANALUL A) ȘI CHANNEL B (CANALUL B) ..\Osciloscop\ab.htm



A -> mufa de legătură la sursa semnalului A

B -> mufa de legătură la sursa semnalului B

N -> numărul de volți pe o diviziune verticală

Y -> poziția semnalului față de axa orizontală

E -> butoane prin care se decide modul în care semnalele sînt vizualizate

Aceste două blocuri sînt similare; de aici se poate ajusta modul în care vedem **amplitudinea semnalelor** afișate (sau, altfel spus, **amplificarea semnalului măsurat**), adică numărul de volți pe o diviziune verticală; tot de aici se poate modifica modul în care semnalele sînt vizualizate, prin intermediul a trei butoane:

- AC -> fără componenta continuă;
- DC -> cu componenta continuă;
- 0 -> cu amplitudinea=0.

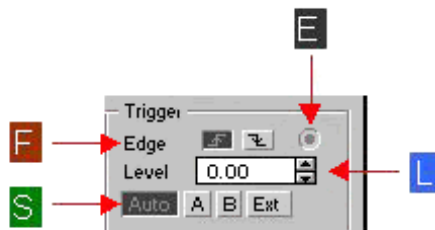
În aceste blocuri se poate stabili o altă axa orizontală (axa de 0 V) relativ la cea indicată pe afișaj, prin valoarea din cîmpul Y POS (în număr de diviziuni). Este ca și cum am adăuga semnalului un **offset**.

În reprezentarea micșorată a panoului frontal în aceste blocuri se observă și **mufele** (cîte una pentru fiecare bloc) prin care se poate face legarea osciloscopului de punctele unde vrem să facem măsurările. Trebuie menționat că reglajele din aceste două blocuri pot fi făcute independent.

APLICAȚIE Amplitudine.ewb

amplificarea semnalului = raportul dintre valoarea semnalului la ieșirea din circuit și valoarea semnalului la intrarea în circuit

BLOCUL TRIGGER ..\Osciloscop\trigger.htm



S -> butoane de selecție a semnalului de sincronizare

L -> nivelul de sincronizare (număr de diviziuni pe verticală)

E -> mufa de legătură la sursa semnalului extern de sincronizare

F -> butoane de selecție a frontului semnalului; cu aceste butoane decidem în ce fel va începe să fie afișată forma de undă a semnalului - începînd de la frontul crescător sau de la cel descrescător

Acesta este blocul de unde se controlează sincronizarea semnalelor afișate; ce înseamnă acest lucru ? Pe afișajul osciloscopului este prezentă doar o parte din semnalul pe care-l măsurăm. Această parte este afișată începînd din momentul în care valoarea tensiunii măsurate depășește un anumit nivel. Acest nivel de tensiune (numit nivel de sincronizare) este stabilit în funcție de cum se face sincronizarea. Dacă ea se face în funcție de un semnal intern al aparatului (butonul AUTO), atunci acest nivel se va afla între valorile extreme ale tensiunii măsurate și semnalul va fi sigur afișat (în timpul cel mai scurt posibil, pentru că este detectat nivelul optim din acest punct de vedere).

Dacă sincronizarea se face în funcție de însuși semnalul măsurat (butonul A sau B), de cel de-al doilea semnal măsurat (butonul B sau A) sau de un **semnal extern** (butonul EXT) atunci noi sîntem cei care stabilim nivelul de sincronizare. Pentru aceasta trebuie completat cîmpul LEVEL cu un număr ce reprezintă valoarea nivelului de sincronizare dată în număr de diviziuni (pe verticală). Trebuie, deci, să fim atenți la amplificarea semnalului cu care sincronizăm (dată în volți pe diviziune). Atenție ! Cînd semnalul cu care sincronizăm este extern osciloscopul consideră că amplificarea acestuia este de 1 V/div. Dacă măsurăm două tensiuni și nivelul de sincronizare nu e atins de semnalul cu care facem sincronizarea (semnalul A, B sau un semnal extern), atunci nici una din tensiuni nu e reprezentată pe monitorul osciloscopului.

În reprezentarea micșorată a panoului frontal în acest bloc se observă și mufa prin care se poate introduce în osciloscop un semnal extern.

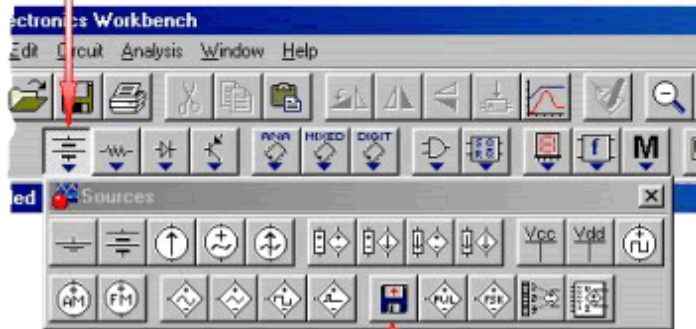
APLICAȚIE Trigger.ewb

Refacerea unui Semnal memorat ..\Osciloscop\refac.htm

Un semnal care este memorat de osciloscop și care este apoi salvat într-un fișier ".scp" poate fi reintrodus într-un circuit în felul următor:

- se deschide meniul cu surse apăsând pe butonul indicat mai jos (se dă un double-click cu butonul stîng al mouse-ului) și se alege de aici o sursă PWL (PieceWise Linear source); aceasta se aduce în zona de lucru la fel cum s-a adus și osciloscopul;

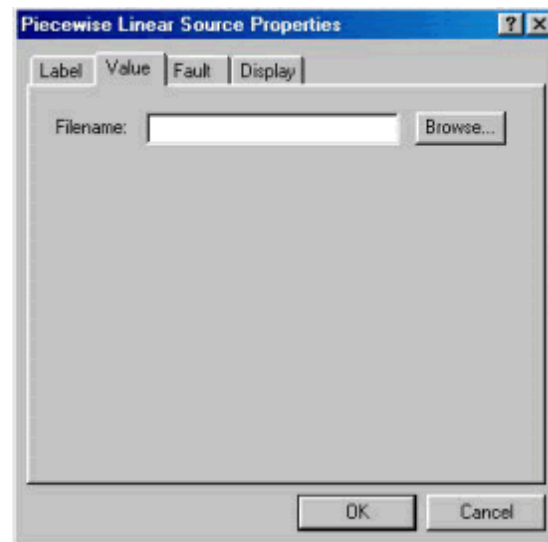
butonul care deschide meniul cu surse



sursa PWL

- dați double-click cu butonul stîng al mouse-ului pe simbolul sursei PWL și introduceți în câmpul "Filename" din fereașta apărută calea fișierului ".scp";

simbolul sursei PWL:



- în final obținem o sursă de tensiune care poate debita într-o eventuală configurație de circuit un semnal identic cu cel al cărui parametrii au fost salvați în fișierul ".scp".

EXERCITIU Mftomamf.ewb

4. Plotterul Bode

Vom apela la acest instrument dacă ne interesează **răspunsul în frecvență** al unui circuit.

O asemenea analiză devine necesară cînd se prevede că circuitul va trebui să lucreze la diverse frecvențe (de fapt într-o anumită bandă de frecvențe). Plotterul este capabil să traseze **diagrame Bode** pentru filtre și amplificatoare în buclă închisă, de exemplu.

Practic se vor reprezenta amplitudini sau faze, care caracterizează o mărime complexă, funcție de **frecvența ω** .

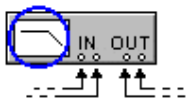
Să considerăm pt. ilustrare **funcția de transfer** a unui sistem, $H(\omega)$; scrierea sa, ca mărime complexă, este:

$$H(\omega) = M(\omega) \cdot \exp(j \cdot \varphi(\omega))$$

Cele două **diagrame** de interes sînt pentru amplitudine (“magnitude” în limba engleză), $M(\omega)$, de preferat în **decibeli**, și pentru fază (“phase angle”), $\varphi(\omega)$, în grade sau în radiani.

Este clar că o sursă de curent alternativ (fără de care nu au sens mărimi imaginare) este absolut obligatorie în circuitul de lucru, frecvența ei fixă neafectînd însă plotterul, care își generează singur spectrul de frecvențe pentru diagramele pe care le afișează.

În Electronics Workbench găsiți iconul plotterului Bode în grupul aparatelor de măsură, de unde îl puteți trage pe suprafața de lucru.



Remarcăm zona de afișaj iar în dreapta ei grupul sondelor IN / OUT. Acesta este panoul simplificat, care se plasează în circuit, simbolul aparatului, util pentru conectarea la blocul de analizat.

Pentru uniport :

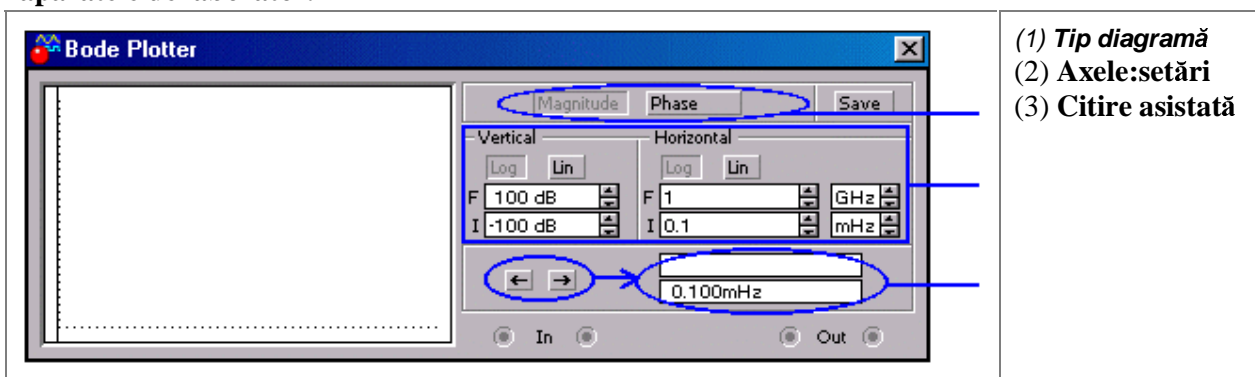
Sondele IN+ și OUT+ (din stînga fiecărei perechi IN, OUT) se vor lega la intrarea V+ a circuitului studiat și respectiv la ieșirea sa V- ;vom duce IN- și OUT- la masă.

Pentru diport :

Sondele IN se leagă la intrarea diportului iar sondele OUT la ieșire.

În timpul simulării EWB se comută pe varianta mărită, unde se pot face reglaje și citiri.

Țineți minte că lucrăm cu un aparat virtual, simulat, cu mai puține controale (și altfel plasate) ca **aparatele de laborator**.

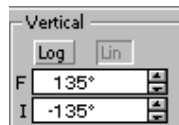
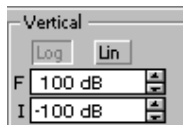


Să înțelegem ce face fiecare control din fiecare compartiment al panoului:

(1) **Tipul diagramei** : se comută între diagrama de amplitudine și cea de fază; compartimentul ce tratează axa verticală se va modifica în consecință, ca unități de măsură și limite de reprezentare.

(2) **Setarea parametrilor axelor** : reprezentare la scară logaritmică (Log) sau liniară (Lin).

Domeniul (valoare Inițială ; valoare Finală) pe verticală (de la -100 dB la 100 dB pentru amplitudine și de la -135° la 135° pentru fază, de exemplu)



Observați că amplitudinea se va afișa logaritmic, însă pentru fază s-a păstrat axa pe modul liniar. Aceste setări (mai puțin scara liniară pt. fază) sînt foarte potrivite în practică, unde creșteri ale amplitudinii de 20dB pe **decadă** de-a lungul a 3 – 4 decade și ale fazei cu 45° pe decadă 2 –3 decade se întîlnesc des.

	<p><i>Domeniul (I ; F) pe orizontală (de la 10⁻⁴ Hz la maximum 10¹² Hz <=> miliherți pînă la sute de gigaherți), suficient pentru radiofrecvență și peste.</i></p>
--	--

(3) **Citirea asistată a coordonatelor** unui punct ce aparține graficului : se determină valori *precise ale amplitudinii sau fazei la diverse frecvențe, trăgînd un cursor vertical (marcat cu galben mai jos, nu și în EWB) din extremitatea stîngă a plotterului peste o zonă din diagramă – parcurgere grosieră – și apoi reglînd mai fin frecvența de interes : mai mică / mai mare (din butoanele încercuite).

	<p><i>Observați că s-a citit o amplitudine ușor sub 0dB, reală.</i></p> <p>Dacă am fi spus deci, intuitiv, că amplitudinea la 120.5 kHz este chiar 0dB, ca la 500 kHz, am fi greșit.</p>
--	--

Citirea exactă, asistată, este utilă în asemenea cazuri, de aparentă liniaritate a diagramelor, dar și în zonele abrupte ale graficelor.

Vizualizați diagrame și citiți cîteva coordonate în această *aplicație ce conține un circuit simplu, suficient totuși pentru a face cîteva observații.

Analizați apoi răspunsul în frecvență în diverse puncte ale unui “lanț”, un sistem cu mai multe etaje de prelucrare a semnalului în a doua *aplicație.

Legat de diagramele Bode și funcția de transfer a unui sistem sînt și noțiunile de :

- **Stabilitate a circuitului**
- **Banda la 3dB a unui amplificator**

Răspunsul în frecvență

Cînd se schimbă frecvența tensiunii la intrarea unui sistem electric, acesta poate să “răspundă”, să reacționeze modificîndu-și una sau mai multe din mărimile de ieșire.

Dacă vom reprezenta grafic această variație a mărimei(lor) la ieșire cu frecvența se spune că am determinat tocmai răspunsul în frecvență.

Proiectarea unui amplificator va trata obligatoriu această problemă.

Diagrame Bode

Caracteristicile de frecvență se vor numi “diagrame Bode” doar cînd axa ω este la scară logaritmică, $\log_{10}(\omega)$.

“Frecvența ω ”

Deși de fapt ω este pulsația (în radiani pe secundă), iar frecvența (în herți) este $f = \omega / 2\pi$, se acceptă inginereste să numim și pe ω “frecvență”.

Funcția de transfer

	<p>$x(t)$ – semnal la intrarea în circuit $y(t)$ – semnalul la ieșire Circuitul va afecta semnalul de intrare prin $h(t)$ – funcția pondere</p>
--	---

Notăm cu litere mari transformatele Laplace ale lui $x(t)$, $y(t)$ și $h(t)$ și atunci definim funcția de transfer a unui circuit ca fiind :

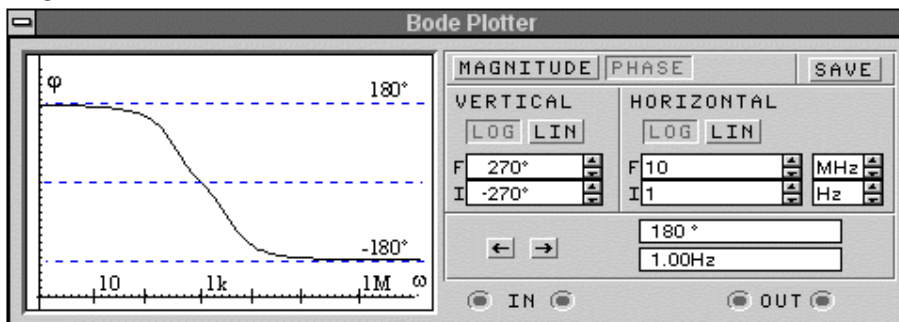
$H(s) = Y(s) / X(s)$

Pentru a determina răspunsul în frecvență vom lua $s = j\omega$, $H(j\omega)$.

Exemple de diagrame Bode

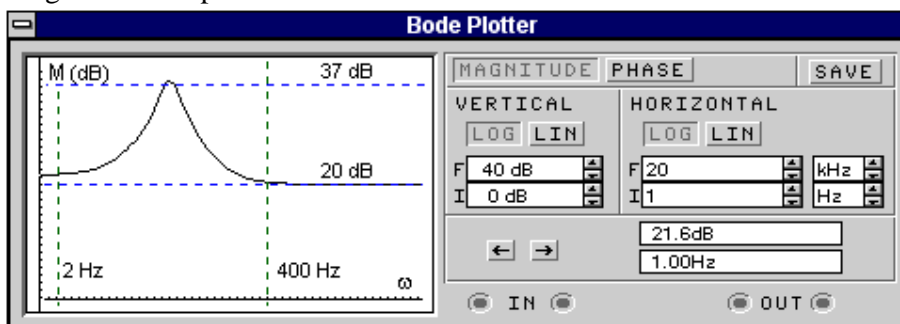
Mai jos sînt 2 diagrame gata trasate pe care s-au marcat valori de interes.

Diagramă de fază :



Cînd lucrează în jurul frecvenței de 1 KHz se poate spune că circuitul nu modifică faza, pe cînd la frecvențe mici și mari va inversa faza.(defazaj introdus : $\pm 180^\circ$)

Diagramă de amplitudine :



Graficul corespunde unui amplificator de bási : frecvențele între 2 Hz și 400 Hz (“joasele”) cîștigă în decibeli, acest cîștig fiind substanțial mai ales între 20 și 50 de herți.

Dacă se cunoaște schema circuitului se pot trasa pe hîrtie caracteristicile “de așteptat”, aproximative, care vor fi alcătuite doar din linii.Ele se pot îndepărta destul de mult de diagramele reale din cauză că linii aproximează curbe și datorită toleranței componentelor.

Decibelul

În electronică și telecomunicații se utilizează frecvent decibelul ca unitate de măsură, pentru amplificare, atenuare sau nivel al transmisiunii.

Fie U (V) valoarea în volți a unei tensiuni.Ne interesează U (dB), nivelul ei în decibeli.

$$U \text{ (dB)} = 20 \cdot \lg (U \text{ (V)} / U_r)$$

Tensiunea de referință este deci $U_r = 0,775 \text{ V}$ (adică tensiunea corespunzătoare unei puteri de 1 mW la bornele unei rezistențe de 600Ω)

$$U_r = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{10^{-3} \cdot 600} = 0,775 \text{ V}$$

Totodată, decibelul este o mărime ce se poate adapta : pentru un calcul mai simplu se poate lua $U_r = 1 \text{ V}$, pentru comparație U ieșire cu U intrare (se vede astfel efectul circuitului asupra semnalului care îl străbate) se va prefera $U_r = U$ intrare.În acest caz, dacă sistemul nu afectează amplitudinea tensiunii de intrare, nivelul tensiunii la ieșire va fi 0 dB.

Plottere reale

Veți vedea plottere Bode complete doar sub forma lor virtuală, în programe de analiză a circuitelor pe calculator.

Fizic există doar aparate ce trasează amplitudinea tensiunii la ieșire funcție de frecvență; ele nu pot realiza o diagramă pentru fază.(este vorba de voltmetre vectoriale, vobulatoare)

Decadă

Este un interval de forma $(\omega ; 10 \cdot \omega)$.Se poate lua și ω ca putere a lui 10.

Un interval $(\omega ; 2 \cdot \omega)$ se numește octavă.

Stabilitatea unui circuit

Un circuit este stabil dacă un semnal de intare mărginit aplicat lui are ca efect un semnal de ieșire deasemenea mărginit.

Instabilitatea înseamnă o comportare oscilatorie ca răspuns al circuitului.

Se poate decide caracterul stabil sau instabil al unui sistem analizând diagramele Bode corespunzătoare lui.

Banda la 3 decibeli







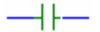

















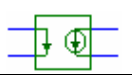

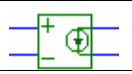

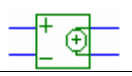

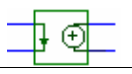

Este clar că un amplificator nu se comportă la fel în toată plaja de frecvențe.

Amplificarea sa crește cu frecvența, atinge un maxim pe care îl menține pe un palier, după care scade.

Cît timp amplificarea nu coboară sub 0,707 (70,7%) din valoarea sa maximă, deci cu 3dB, se consideră că amplificatorul lucrează mulțumitor.

Banda la 3 decibeli este tocmai plaja de frecvențe în care amplificarea nu coboară cu mai mult de 3 dB sub valoarea sa de palier.

În cele ce urmează se prezintă simbolurile grafice utilizate în cazul celor două programe pentru descrierea celor mai utilizate componente de circuit

<i>Denumire</i>	<i>Simbol Design Center</i>	<i>Simbol Electronics Workbench</i>
Rezistență		
Inductanță		
Inductanțe cuplată		
Capacitate		
Diodă		
Tranzistor NPN		
Tranzistor PNP		
Diac	-	
Triac	-	
Sursa independentă de tensiune (c.c)		
Sursa independentă de curent (c.c)		
Sursa independentă de tensiune (c.a)		
Sursa independentă de curent (c.a)		
Sursa de curent comandată în curent		
Sursă de curent comandată în tensiune		
Sursă de tensiune controlată în tensiune		
Sursă de tensiune controlată în curent		

3. Temă

3.1 Să se determine valorile curenților din laturile pasive ale circuitului din figura 1 utilizând editorul grafic Electronics Workbench.

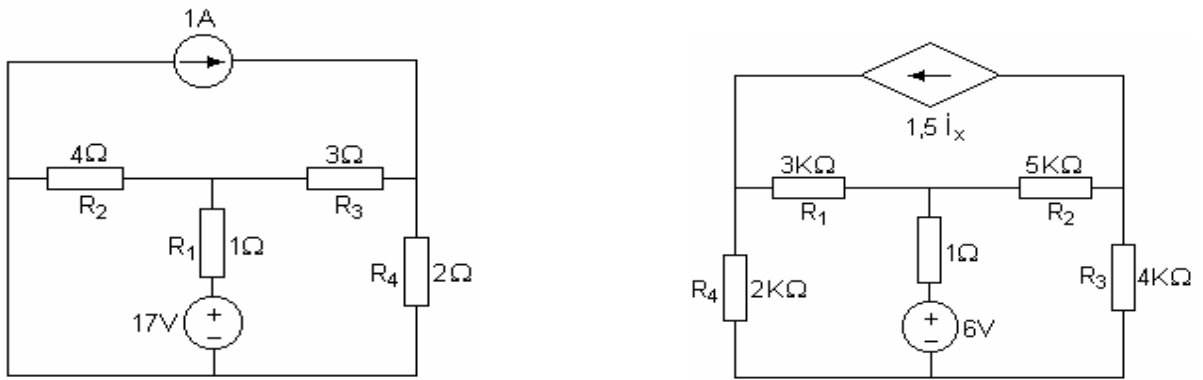
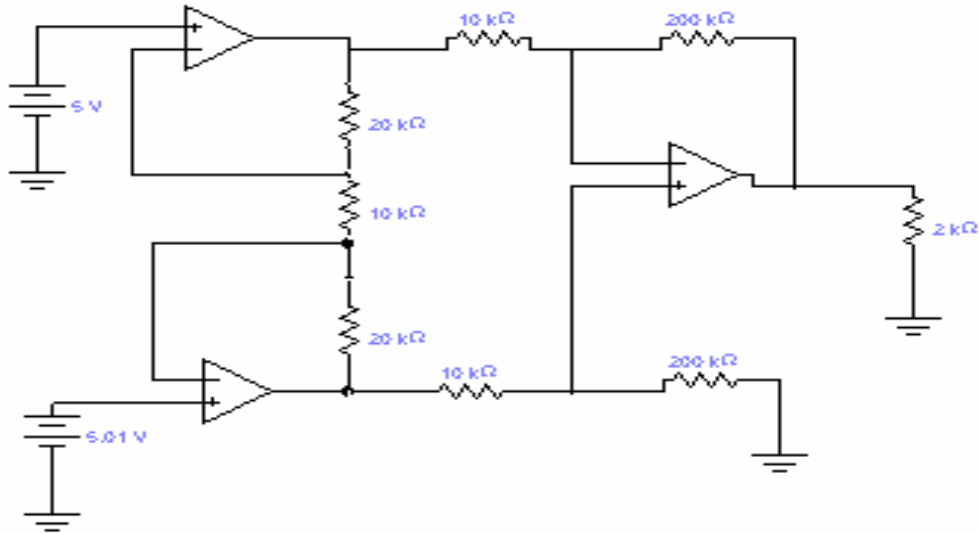
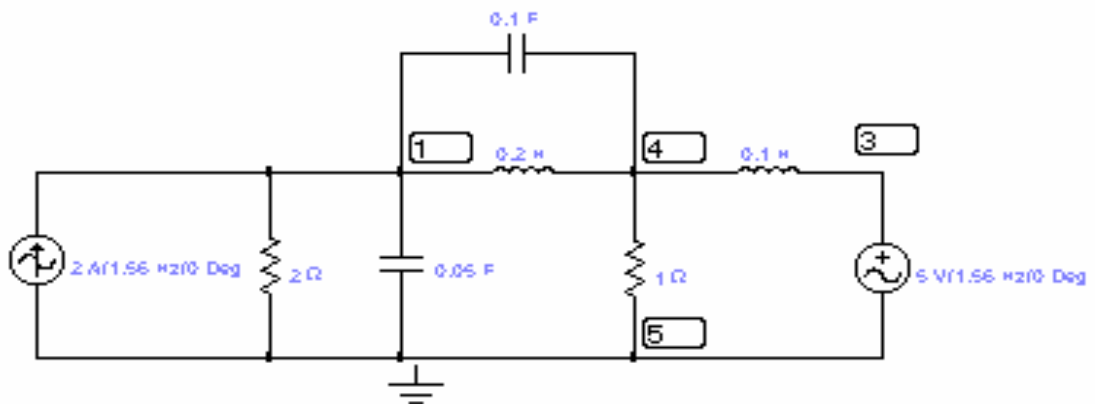


Figura 1

3.2 Să se determine în circuitul din figura 2a și b potențialele tuturor nodurilor.



a)



b)
Figura 2

Circuitului din figura 3 să i se determine variația tensiunii la bornele condensatorului urmare a comutării întrerupătorului S_1 .

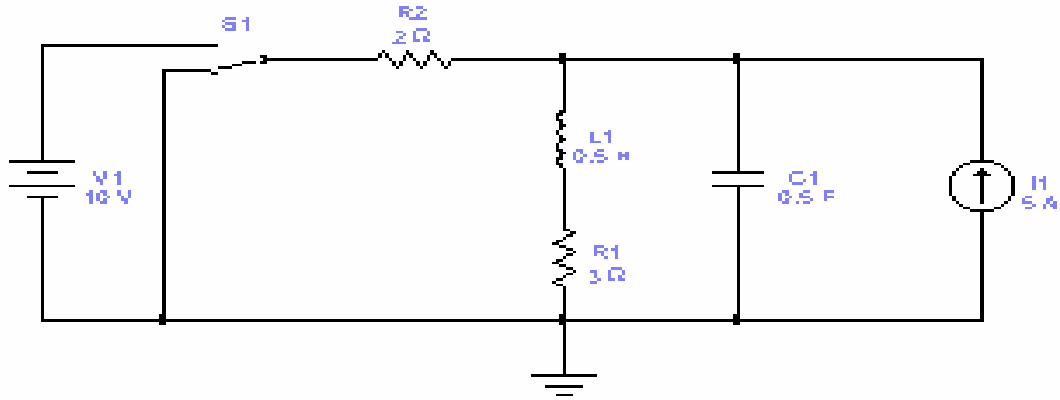


Figura 3

Aplicații ale diodelor :

diodele sînt utile în circuite analogice dar și în cele logice.

Circuite logice

În circuitele numerice se face o convenție ce leagă un nivel de tensiune de o valoare de adevăr, un nivel logic.

Nivelul de +5V corespunde lui “1” logic (“adevărat”), iar 0V înseamnă desigur “0” logic (“fals”).

La modul ideal, întreg circuitul va opera doar cu aceste două potențiale.


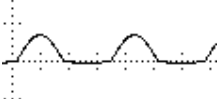
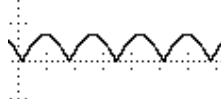
Un **exemplu (D_logic.ewb)** simplu este implementarea funcției ȘI (AND) cu ajutorul a două diode (cîte o diodă pentru fiecare variabilă logică, A și B); se consideră pentru diodă modelul ideal, de întrerupător.

Redresoare

Tipic, curentul alternativ are o formă sinusoidală ce cuprinde două alternanțe (deasupra axei timpului este alternanța pozitivă, $i(t) > 0$;ce este sub axă corespunde alternanței negative, $i(t) < 0$).

Există însă destule cazuri cînd nu vrem să alimentăm un circuit cu tensiune negativă sau să lăsăm curentul să circule în ambele sensuri prin circuit.

Soluția este atunci adăugarea unui redresor, mono sau dublă alternanță.

Curent sinusoidal, neredresat	Redresare mono alternanță	Redresare dublă alternanță
		

Se atașează de **exemplu (D_redr.ewb)** unei surse, înainte de aplicarea tensiunii unei impedanțe de sarcină R.