

## Măsurarea directă a rezistenţelor în curent continuu. Măsurarea tensiunii: Divizorul de tensiune (montajul serie)

Scop laborator: Înţelegerea şi aplicarea Legii lui Ohm în circuite electrice de complexitate redusă.

Din punct de vedere practic (**hardware**) se doreşte:

Manipularea instrumentelor de măsură şi a elementelor de circuit (rezistoare, cabluri) în vederea realizării şi testării circuitelor electrice propuse (**măsurarea directă a unei rezistenţe & măsurarea tensiunii în montajul serie pentru două rezistoare**) şi interpretării datelor măsurate (erori: toleranţă, eroare de calcul, rezoluţia aparatelor de măsură)

### Sarcini de lucru:

1) Se vor estima valorile pentru 5 rezistori conform codului culorilor:

www.resistorguide.com

	Color	Significant figures			Multiply	Tolerance (%)	Temp. Coeff. (ppm/K)	Fail Rate (%)
Bad	black	0	0	0	x 1		250 (U)	
Beer	brown	1	1	1	x 10	1 (F)	100 (S)	1
Rots	red	2	2	2	x 100	2 (G)	50 (R)	0.1
Our	orange	3	3	3	x 1K		15 (P)	0.01
Young	yellow	4	4	4	x 10K		25 (Q)	0.001
Guts	green	5	5	5	x 100K	0.5 (D)	20 (Z)	
But	blue	6	6	6	x 1M	0.25 (C)	10 (Z)	
Vodka	violet	7	7	7	x 10M	0.1 (B)	5 (M)	
Goes	grey	8	8	8	x 100M	0.05 (A)	1(K)	
Well	white	9	9	9	x 1G			
Get	gold			3th digit only for 5 and 6 bands	x 0.1	5 (J)		
Some	silver				x 0.01	10 (K)		
Now!	none					20 (M)		

6 band → 3.21kΩ 1% 50ppm/K

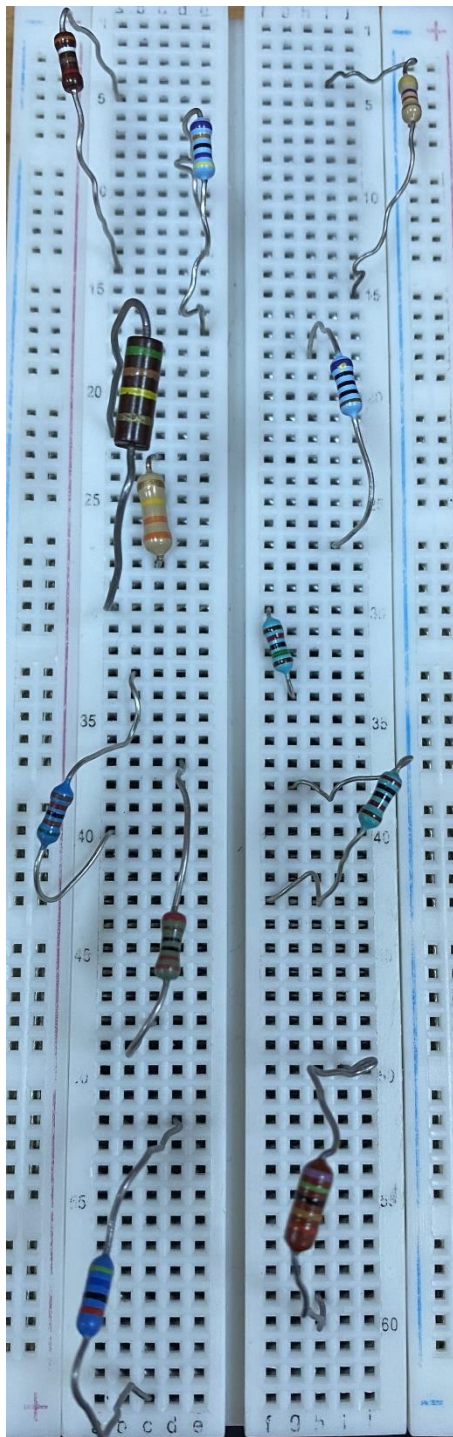
5 band → 521Ω 1%

4 band → 82kΩ 5%

3 band → 330Ω 20%

gap between band 3 and 4 indicates reading direction

Cum se conectează rezistențele în circuit (pe verticală=în serie):



(a)



(b)

Fig. 1 (a) Conectarea rezistențelor (b) Rezistență de 330 kohmi ( $33 \times 10^4$ , toleranță 1 sau 5%)

2) Se compară valoarea estimată (conform codului culorilor) cu valoarea măsurată **direct** pe multimetru astfel:

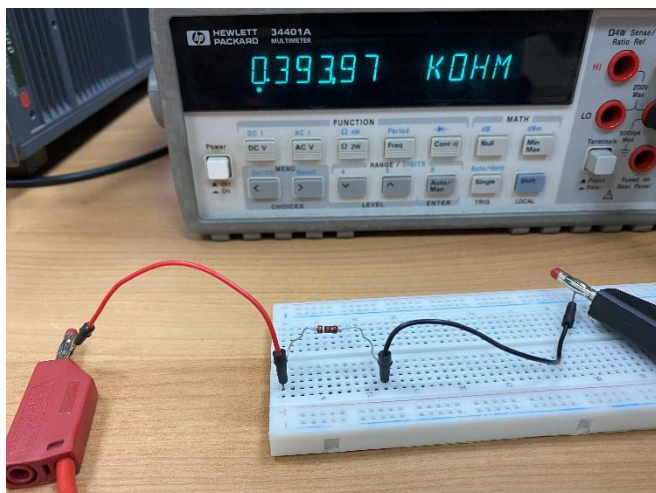


Fig. 2 Măsurarea directă a rezistenței (Rcod culori = 390 ohmi)

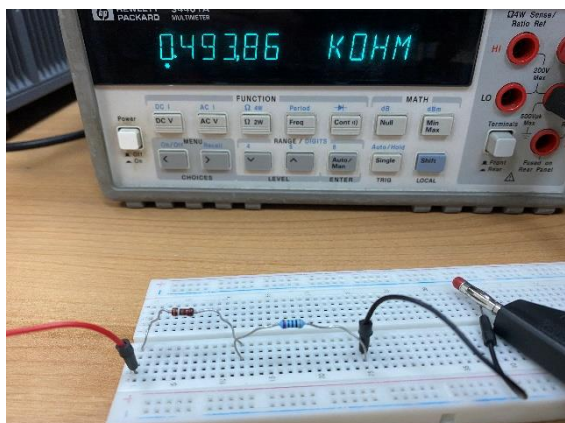
Apoi se completează următorul tabel:

Rezistență (cod culori) (ohmi)	Toleranță (%)	Rezistență măsurată direct (ohmi)	Eroare (%)	Observații
100 ohm	.1%	100 ohm	0%	ok
100 ohm	.1%	102.9 ohm	2.9%	rezistor cu defecte
3246 ohm	1%	3246 ohm	1.63%	imperfecțiuni traductor
50979 ohm	1%	50979 ohm	.04%	ok
10 ohm	2%	10 ohm	0%	ok

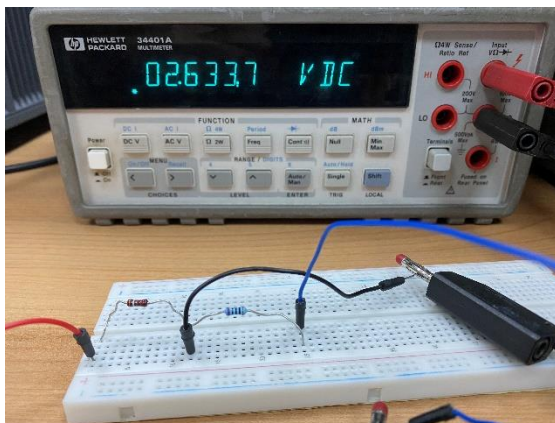
La observații se va concluziona dacă se respectă sau nu **toleranța** dată prin comparația cu eroarea obținută astfel:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|R_{cod\_culori} - R_{m\acute{a}s\_direct}|}{R_{cod\_culori}} \cdot 100\%$$

3) Se selectează două rezistoare din cele 5 și se măsoară căderea de tensiune pe fiecare rezistență, aplicând legea divizorului de tensiune, conform figurii de mai jos:



(a)



(b)

Fig.3 (a) Montajul serie cu 2 rezistențe (R1=390 ohmi, R2=100 ohmi), (b) măsurarea căderii de tensiune pe prima rezistență (Vtotal=3.3 V)

Pentru montajul din Fig.3 (cu 2 rezistori în serie) se realizează următorul tabel:

Tensiune alimentare (V)	Căderea de tensiune pe R1 (V1)	Căderea de tensiune pe R2 (V2)	Rezoluție aparat (%)	Eroare (%)
4.5 V	1.5 V	3 V	0.045%	0.003%

În funcție de eroare, se poate concluziona dacă au fost erori de calcul sau legate de aparatele de măsură (exemplu, rezoluție nesatisfăcătoare). Erorile de calcul nu ar trebui să depășească 0.5%

Rezoluția aparatului se calculează astfel:

$$\text{Rezolutia} = \frac{\text{cel mai mica variatie a valorii masurate}}{\text{valoarea maxima masurata}} \cdot 100\%$$

Exemplu de calcul. Un aparat care afișează **XX.XX** are rezoluția de 0.01%

$$\text{Rezolutia} = \frac{0.01}{99.99} \cdot 100\% \approx 0.01\%$$

Eroarea de calcul se efectuează astfel:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|V - V1 - V2|}{V} \cdot 100\%$$

4) În continuare, se va compara valoarea căderii de tensiune măsurate în circuit (practic) cu cea obținută în simulare (Multisim, de exemplu).

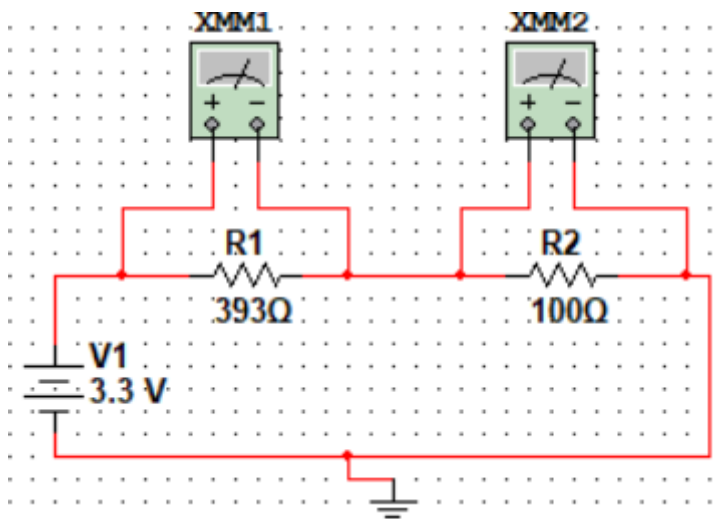


Fig.4 Realizarea circuitului în Multisim

Se realizează simulările prezentate în Fig.4 și se compară valorile obținute în simulare cu cele obținute practic. CUM POT FI OBȚINUTE ACELEAȘI VALORI CA CELE REALE?

Concluzii: Care din cele două metode (măsurare directă sau indirectă) este mai precisă și DE CE?

De ce apar diferențe de valori între o măsurare practică și simulare? Care este cauza acestor erori?

Din punct de vedere **software** se dorește:

Implementarea în Multisim (sau a altui soft dedicat testării circuitelor electrice) a circuitelor realizate practic și corelarea datelor obținute în acest mediu cu cele obținute în mod real (**de ce apar erori?**).

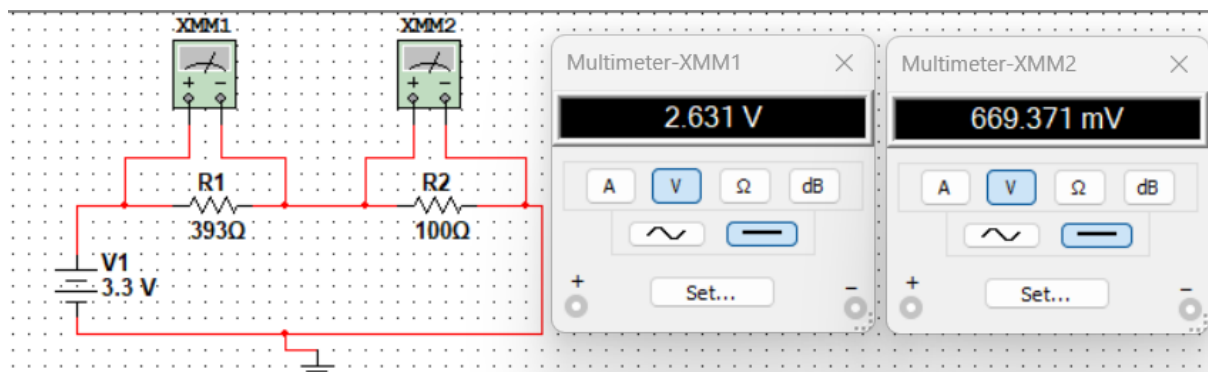
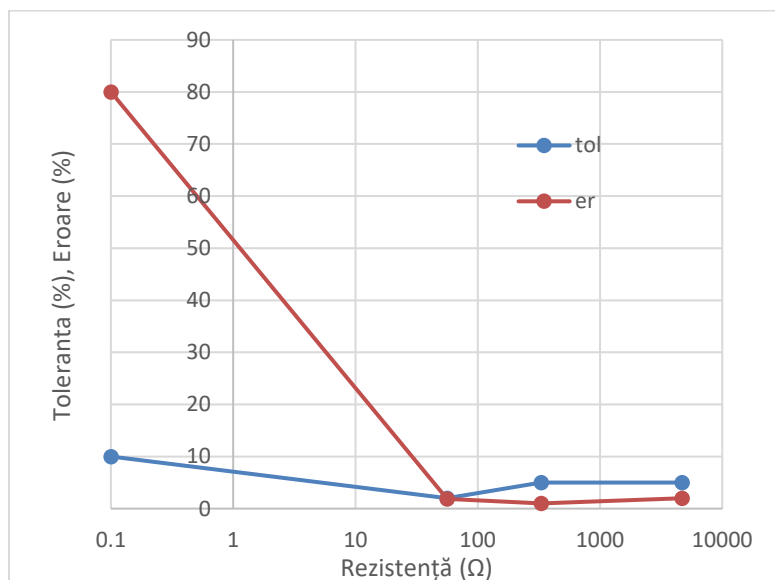


Fig.5 Testarea circuitului în Multisim

#### Exemplu de calcul:

Rezistență (cod culori) (ohmi)	Toleranță (%)	Rezistență măsurată direct (ohmi)	Eroare (%)	Observații
1) 330	5	328.6	0.42	ok
2) nu există	-	416.5	-	-
3) 0.1	10	0.18	80	x
4) 56	2	57	1.78	ok
5) 4700	5	4660	0.85	ok



Există clar o legătură între toleranță și eroare. Dar cum rămâne cu erorile mari?

Tensiune alimentare (V)	Căderea de tensiune pe R1 (V1)	Căderea de tensiune pe R2 (V2)	Rezoluție aparat (%)	Eroare (%)
3.3 V	2.63V	0.66V	0.01%	0.3%



În Multisim s-au obținut diferențe mici. Aceasta se datorează și rezoluției (care este 0.01%)

Soluție Multisim: Se adaugă un rezistor în serie care va mări căderea de tensiune pe R2 (Fig.6)

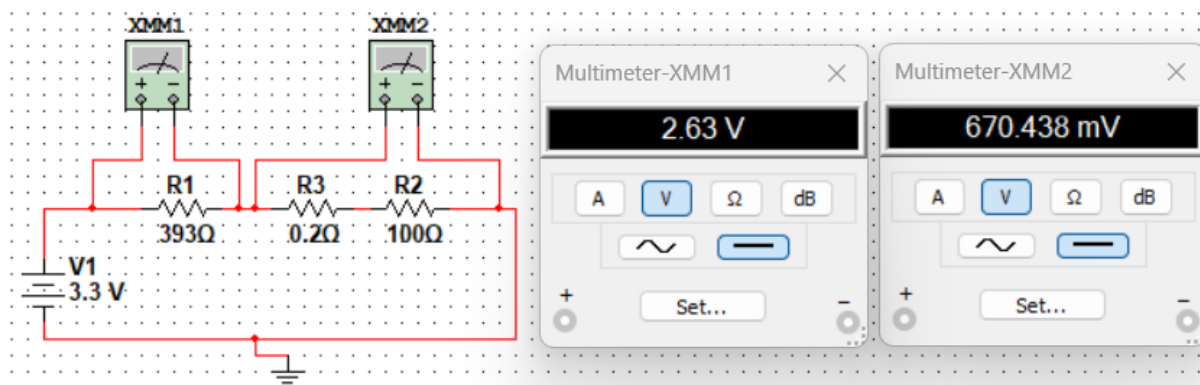


Fig.6 Ajustarea circuitului în Multisim. Explicați de ce a fost necesară conectarea unei rezistențe cu valoarea de 0.2 ohmi (A se consulta Legea Divizorului de Tensiune).

Concluzii: 1) Măsurarea directă este influențată atât de rezistența internă a aparatelor de măsură utilizate spre deosebire de valorile din simulare ( $R_{\text{internă ampermetru\_simulare}}=1 \text{ nohm}$ ,  $R_{\text{internă voltmetru\_simulare}}=1 \text{ gigaohm}$ ) cât și de rezoluția aparatului de măsurare (10 mV pentru aparatul utilizat, în timp ce în simulare rezoluția este de 1μV). Oare ce rezistențe interne au aparatele de măsură folosite? Kiloohmi sau **megaohmi**?

2 Măsurarea practică implică erori de calcul și de manipulare a circuitului (factori umani) și erori legate de abaterile elementelor de circuit (toleranță pentru rezistori, cabluri cu rezistență diferită de zero. Acestea nu există în simulare (aparatele de măsură au rezistențe interne cu valori aproape ideale, a se vedea 1) iar cablurile nu influențează măsurătorile, deoarece  $R_{\text{cablu\_simulare}}=0$ . Rămâne de răspuns la întrebarea de ce o rezistență de 0.2 ohmi este satisfăcătoare pentru rezistența cablului.

In viața reală, un conductor electric (de exemplu cupru) va avea o anumită rezistență, însă de obicei neglijabilă.

Cu toate acestea există și aplicații în care până și argintul (metalul cu cea mai mică rezistență electrică) trebuie folosit în condiții speciale, deoarece rezistența conductorului poate amplifica mult factorii de eroare.

În aceste cazuri speciale, adăugăm și o rezistență de cablu în simulări, precum de 0.2 ohmi. Aceasta nu este nici prea mare, dar nici absolut 0.

BIBLIOGRAFIE- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/213669/mod\\_resource/content/0/L2%20mas%20d](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/213669/mod_resource/content/0/L2%20mas%20d)

## Măsurarea indirectă a rezistențelor în curent continuu. Măsurarea curentului în configurația serie și paralelă

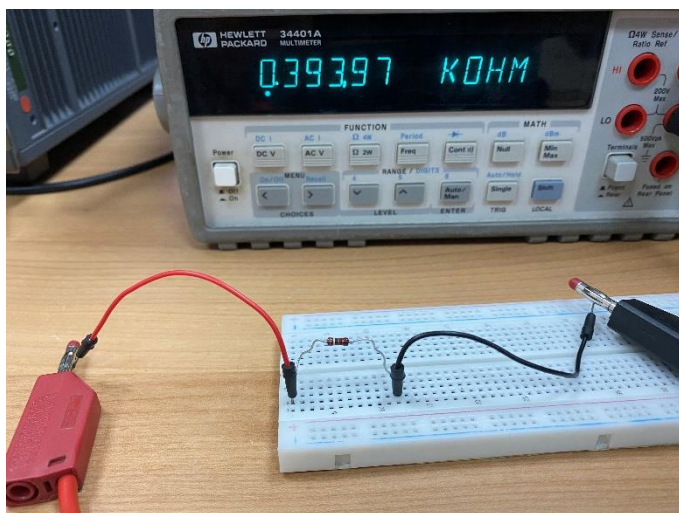
Scop laborator: Înțelegerea și aplicarea Legii lui Ohm în circuite electrice de complexitate redusă.

Din punct de vedere practic (**hardware**) se dorește:

Manipularea instrumentelor de măsură și a elementelor de circuit (rezistoare, cabluri) în vederea realizării și testării circuitelor electrice propuse (**măsurarea indirectă a unei rezistențe & măsurarea curentului în montajul serie/paralel**) și interpretării datelor măsurate (erori: toleranță, eroare de calcul, rezoluția și **clasa** aparatelor de măsură)

### Sarcini de lucru:

1) Se obține valoarea măsurată direct pe multimetru astfel:



Valoarea obținută se compară cu valoarea obținută indirect prin măsurarea curentului astfel:

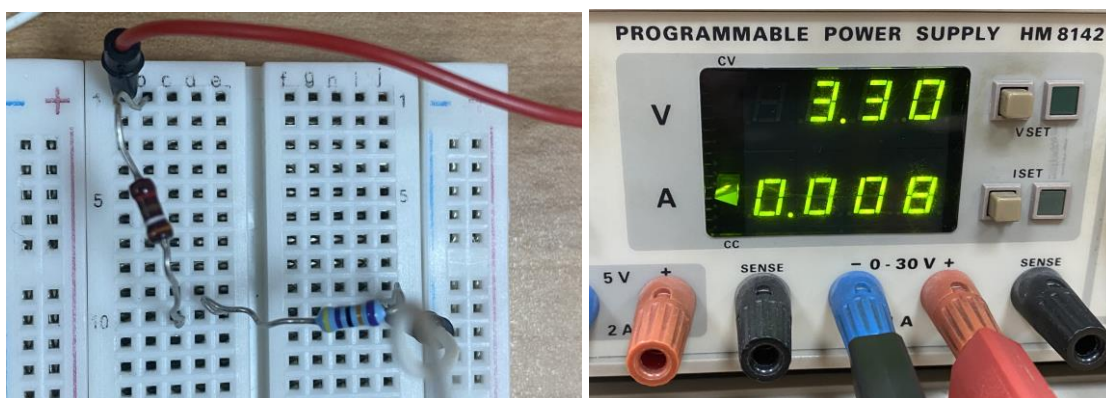


Fig.1 (a) Măsurarea indirectă a unei rezistențe ( $R=?$ ,  $R_{gnd}=470 \text{ kohm}$ ) (b)  $R = U/I \text{ extras} = 3.3 \text{ V} / 8 \text{ mA}$

Completați următorul tabel:

Rezistență măsurată direct ( $\Omega$ )	Rezistență măsurată indirect ( $\Omega$ )	Eroare (%)	Clasa aparat (%)	Rezoluție (%)
10 ohm	10.655 ohm	6.55	Clasa I	0.0094%

În funcție de eroare, se poate concluziona dacă au fost erori de calcul sau legate de aparatele de măsură (exemplu, rezoluție nesatisfăcătoare).

Se aplică Legea lui Ohm astfel:

$$R_{m\grave{a}s\_indirect} = \frac{U}{I_{extras}}$$



Exemplu:  $I_{extras} = 8.1 \text{ mA}$

Eroarea se calculează astfel:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|R_{m\grave{a}s\_indirect} - R_{m\grave{a}s\_direct}|}{R_{m\grave{a}s\_direct}} \cdot 100\%$$

Există vreo legătură între eroarea de calcul între clasa aparatului și rezoluția acestuia?

2) Se realizează configurația în serie astfel:

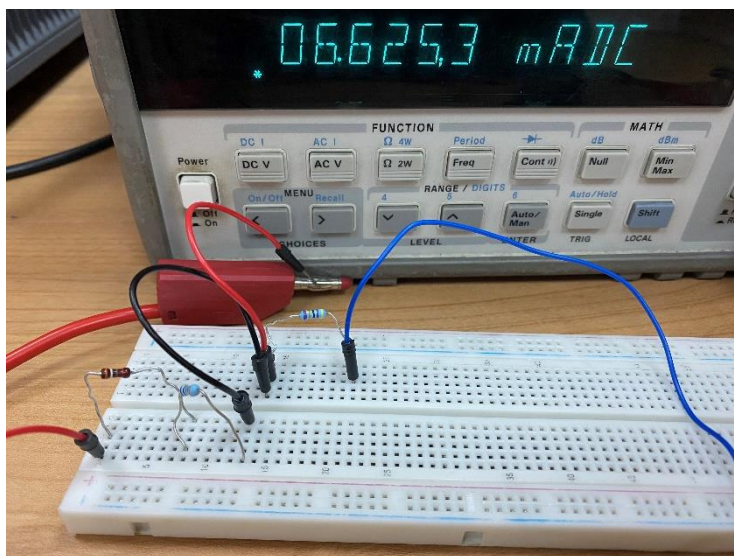


Fig.2 Măsurarea curentului în configurația serie a 2 rezistori ( $R_1 = 390 \text{ ohmi}$ ,  $R_2 = 100 \text{ ohmi}$ ,  $R_{gnd} = 470 \text{ kohmi}$ ,  $U_{alim} = 3.3 \text{ V}$ ,  $I_{alim} = 10 \text{ mA}$ )



Se completează următorul tabel pentru configurația serie, pentru 2 circuite cu 2 rezistențe R2 diferite (A se vedea Fig.2):

R1 (ohmi)	R2 (ohmi)	Clasă aparat* (%)	Tensiune (V)	Curent (A)	Eroare (%)
100 ohm	10 ohm	Clasa I	3.3 V	0.029 A	2.821%
	100 ohm		3.3V	0.016 A	3.03%

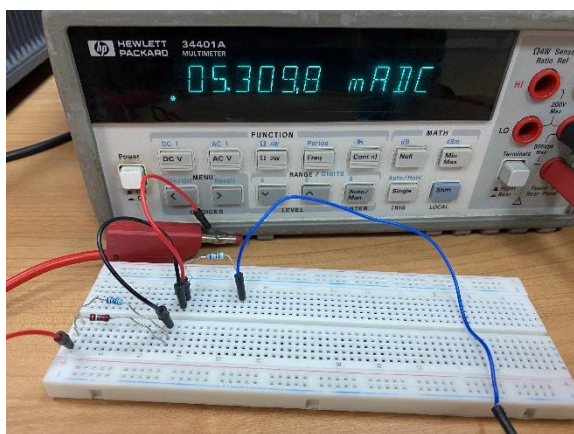
\* Dată de producător.

La observații se va concluziona dacă se respectă sau nu clasa aparatului (estimată) prin comparația cu eroarea obținută astfel:

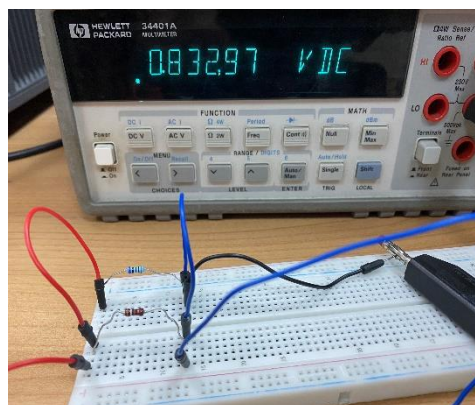
$$\varepsilon(\%) = \frac{|U/I - (R1 + R2)|}{U/I} \cdot 100\%$$

Indiciu: R serie = R1 + R2

3) Se realizează configurația în paralel astfel:



(a)



(b)

Fig.3 (a) Măsurarea curentului în configurația paralel a 2 rezistori (R1=390 ohmi, R2=100 ohmi, Rgnd=470 kohmi, U alim = 1 V, I alim = 10 mA) (b) căderea de tensiune pe R1 II R2

Se completează următorul tabel pentru configurația paralel, pentru 2 rezistențe R2 diferite

R1 (ohmi)	R2 (ohmi)	Clasă aparat* (%)	Tensiune (V)	Curent (A)	Eroare (%)
100 ohm	10 ohm	Clasa I	3.3 V	0.338 A	1.592%
	100 ohm		3.3 V	0,065 A	1.515%

\* Dată de producător.

La observații se va concluziona dacă se respectă sau nu clasa aparatului (estimată) prin comparația cu eroarea obținută astfel:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|U/I - (R1 \parallel R2)|}{U/I} \cdot 100\%$$

Indiciu: R paralel = R1 II R2 = 1/ (1/R1 + 1/R2)

Concluzii: Care din cele două metode (măsurare directă sau indirectă) este mai precisă și DE CE?

Din punct de vedere **software** se dorește:

Implementarea în Multisim (sau a altui soft dedicat testării circuitelor electrice) a circuitelor realizate practic și corelarea datelor obținute în acest mediu cu cele obținute în mod real (de ce apar erori?).

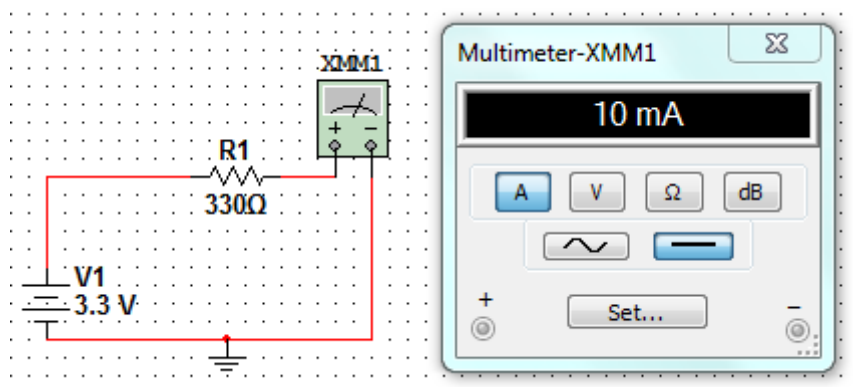


Fig.4 Măsurarea indirectă a unei rezistențe (330 ohmi, măsurat direct  $R1=328.6$  ohmi,  $V1=3.293V$ )

4) Se realizează simulările prezentate în Figurile 1-3 (de exemplu, Fig. 4 pentru Fig.1) și se compară valorile obținute în simulare cu cele obținute practic. CUM POT FI OBȚINUTE ACELEAȘI VALORI CA CELE REALE?

*De ce apar diferențe de valori între o măsurare practică și simulare? Care este cauza acestor erori?*

#### Exemplu de calcul:

Rezistență măsurată direct (ohmi)	Tensiunea (V)	Curentul extras (A)	Rezistență măsurată indirect (ohmi)	Eroare (%)
1) 328.6	3.293	0.01	329.3	0.21%

Rezistență măsurată direct (ohmi)	Rezistență măsurată direct (ohmi)	Curentul extras (A)	Eroare (%)
1) 328.6	2) 416.5	0.004	Aprox. 10%

În Multisim s-a obținut valoarea de 4.43 mA. Diferența se datorează rezoluției (nu atât de mici a) ampermetrului (rezoluția sa este de 1mA!).

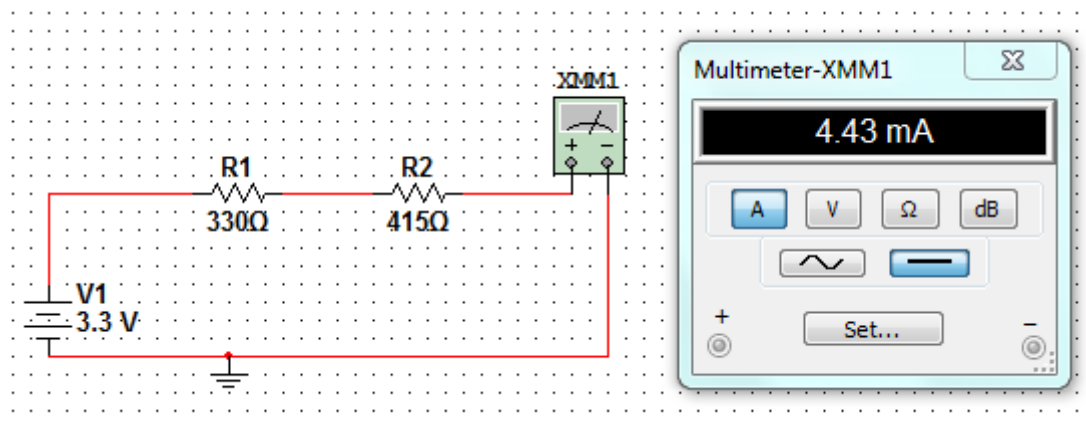
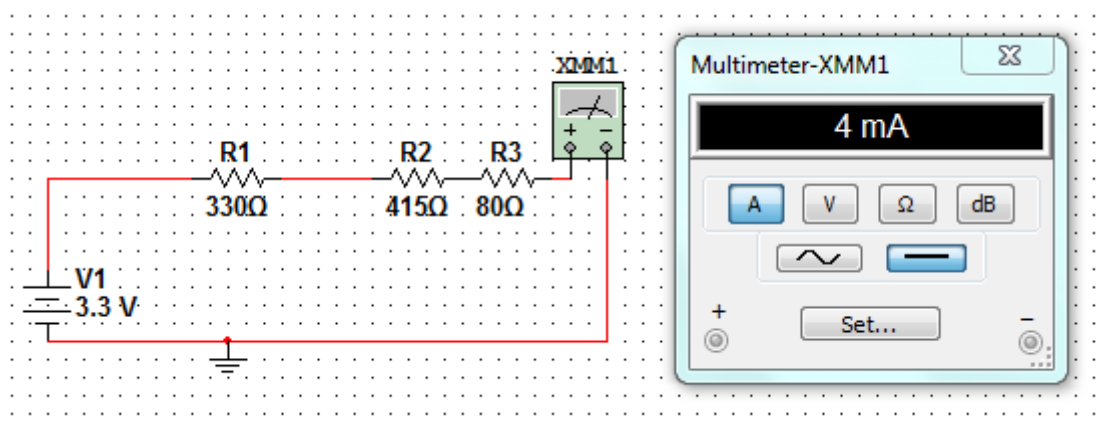


Fig.5 Configurația serie formată din 2 rezistoare (Imăsurat = 4 mA, dacă rezoluția este de 1 mA)

Soluție Multisim: Se adaugă un rezistor în serie care va limita și mai mult curentul prin circuit (Fig.5)



$R_{\text{serie}} = U / I_{\text{extras}} - R1 - R2 = 80 \text{ ohmi}$  (R serie poate lua în considerare influența rezistenței cablurilor și a rezistenței interne a aparatelor de măsură folosite, de exemplu).

Observații și concluzii: DE COMPLETAT!

- Curenții mici au o probabilitate de eroare mai mare » Astfel, rezistorii legați în serie au o posibilitate mai

BIBLIOGRAFIE- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/223605/mod\\_resource/content/0/L3%20mas%](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/223605/mod_resource/content/0/L3%20mas%)

## Măsurarea tensiunii în curent alternativ. Măsurarea rezistențelor cu punți de curent continuu echilibrate (Puntea Wheatstone).

Scop laborator: Înțelegerea și aplicarea Legii lui Ohm și a Legilor lui Kirchoff (**Legea Divizorului de Tensiune**) în circuite electrice de complexitate redusă.

Din punct de vedere practic (HW) se dorește: manipularea instrumentelor de măsură și a elementelor de circuit (rezistoare, cabluri) în vederea realizării și testării circuitelor electrice propuse (**măsurarea tensiunii direct de la priză în montajul unei punți C.C.**) și interpretării datelor măsurate (erori: eroare de calcul, rezoluția & clasa aparatelor de măsură)

Din punct de vedere SW se dorește: implemenarea în simulare a circuitelor realizate practic și corelarea datelor obținute în acest mediu cu cele obținute în mod real (de ce apar erori?).

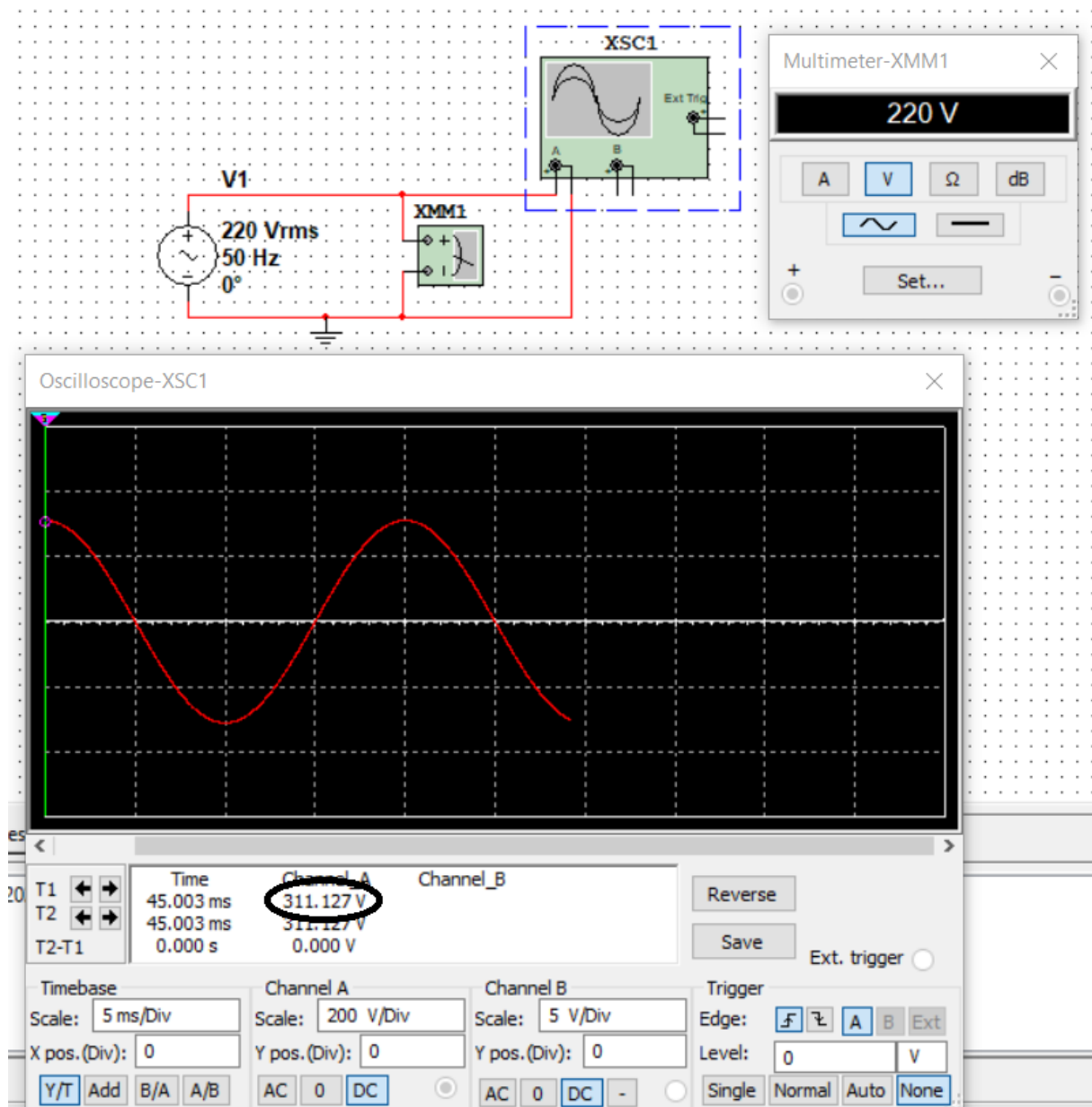
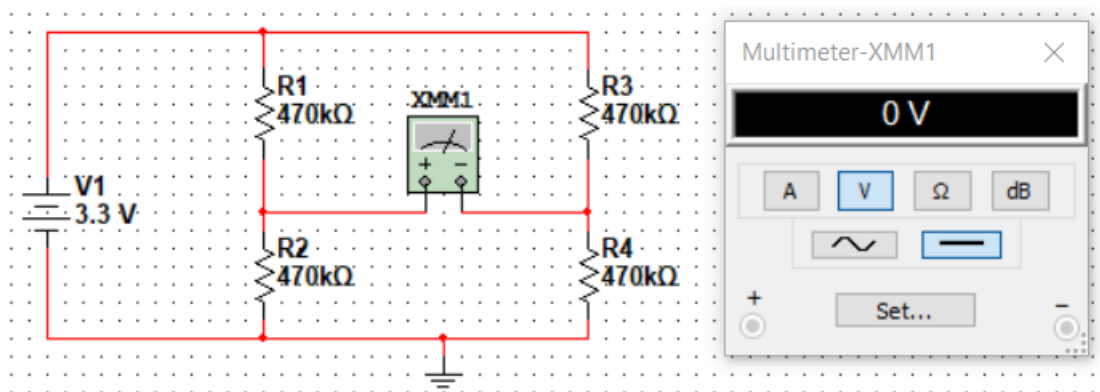
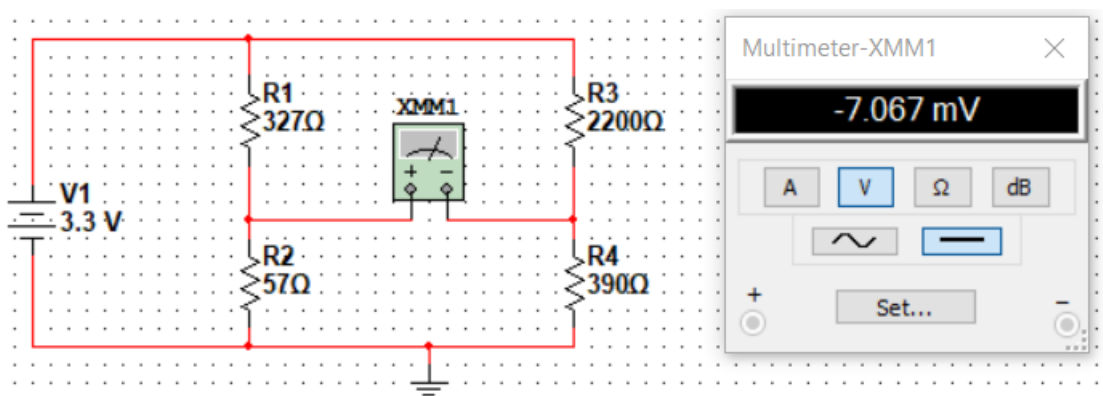


Fig.1 Măsurarea tensiunii de la priză: a) pentru  $V_{rms}=220\text{ V}$  (pe multimetru), 311.127 (pe osciloscop)



(a)



(b)

Fig.2 Măsurarea rezistențelor: a) pentru o punte echilibrată perfect, b) pentru o punte aproape echilibrată ( $V_{\text{ies}} < 10 \text{ mV}$ )

### Sarcini de lucru:

1) Se verifică valoarea tensiunii de la priză (conform codului culorilor) și se calculează valoarea maximă:

$$V_{\text{rms}} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_{\text{max}}$$





2) Se completează următorul tabel pentru două măsurări ale tensiunii de la priză (A se vedea Fig.1):

Vrms (%)	Vmax (%)	Eroare (%)
228 V	322.44 V	0.0086%
228.1 V	322.58 V	0.0082%

Se folosesc două multimetre diferite pentru măsurători. La observații se va concluziona dacă tensiunea de la priză are valoarea de 220 V (rms) sau nu. Se calculează eroarea dacă nu:

$$\varepsilon(\%) = \frac{|V_{rms} - 230V|}{230V} \cdot 100\%$$

3) Se aplică legea Divizorului de tensiune pentru 2 punți realizate practic: una (aproape) perfect echilibrată ( $V_{ies} \approx 0\text{mV}$ ) și a doua mai puțin echilibrată ( $V_{ies} = 0-10\text{ mV}$ ) (A se vedea Fig.2):

R1 (ohmi)	R2 (ohmi)	R3 (ohmi)	R4 (ohmi)	U iesire (V)	U iesire (V)_teoretic	Er (%)
1 MOhm	1 MOhm	1 MOhm	1 MOhm	0.01 V	0 V	1
3270 Ohm	1 MOhm	1 MOhm	1 MOhm	2.14V	-1.63924 V	.23%

Legea Divizorului de tensiune poate fi formulată astfel (A se vedea Fig.2):

$$U_{ies} = U_{in} \left( \frac{R1}{R1 + R2} - \frac{R3}{R3 + R4} \right)$$

$$Er(\%) = \frac{|U_{ies} - U_{ies\_teoretic}|}{U_{ies}} \cdot 100\%$$

În funcție de eroare, se poate concluziona dacă au fost erori de calcul sau legate de aparatele de măsură (exemplu, rezoluție sau clasa aparatului). Erorile de calcul nu ar trebui să depășească 0.5%

Indiciu: Se poate măsura rezistența internă a multimetrului.

4) Se va compara valoarea tensiunii obținute (practic) cu cea obținută în simulare. CUM POT FI OBȚINUTE ACELEAȘI VALORI CA CELE REALE?

Concluzii: Ținând cont că tensiunea rms variază între 220 și 250 V, cât este valoarea maximă care poate fi obținută la priză?

În Fig.1 Osciloscopul indică altă valoare decât multimetrul. DE CE?

In figura 1, osciloscopul arata valoarea maxima (peak-2-peak), in timp ce multimetrul arata tensiunea in RMS.

2) Observatii: Deoarece in viata reala, tensiunea fluctueaza,  $V_{rms}$  nu va avea intotdeauna 230V.

3) Observatii: Desi eroarea in starea de echilibru depaseste 0.5%, exista doar o diferenta de 0.01V din cauza imperfectiunilor din viata reala, precum aparat imperfect, rezistori cu erori in toleranta specificata, temperatura si alti factori externi. De aceea aceasta eroare se poate neglija in starea de echilibru.

4) Valoarea maxima care poate fi obtinuta la priza este  $250 \cdot \sqrt{2}$ , adica aproximativ 353.55V

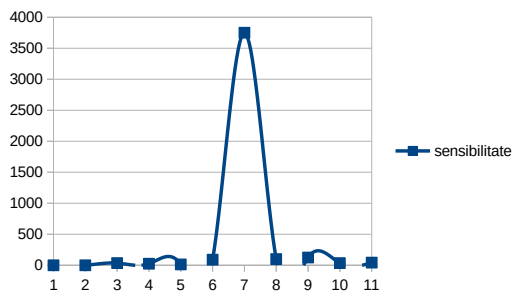
BIBLIOGRAFIE- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/235358/mod\\_resource/content/0/lab4.pdf](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/235358/mod_resource/content/0/lab4.pdf) (Labor

Rx $\Omega$	R $\Omega$	a/b $\Omega$	R_1 $\Omega$	R_2 $\Omega$	alpha_1 mV	alpha_2 mV	R_XC $\Omega$	E %	Sensibilitatea
100000	1000	100	101000	99000	0,1	0,1	100000	0	0
50000	4000	10	51000	49000	-3	-3	50000	0	0
10000	1000	10	11000	9000	-3	4	10000	0	35
4900	4900	1	5100	4700	0	2	4900	0	24,5
1000	1000	1	1200	900	4	8	1000	0	13,3333333333333
500	5000	0,1	510	490	10	13	600	0,2	90
100	1000	0,1	101	99	77	2	100	0	3750
50	4900	0,01	51	49	-2	2	50	0	100
10	1000	0,01	11	9	-4	21	10	0	125
5	4900	0,001	6	4	6	20	5	0	35
1	1000	0,001	1,1	0,9	7	2	1,7	0,7	42,5

Observatie/Nota: Aparat cu defecte, ce pot introduce incertitudini majore

Recomandări folosirea Wheatstone:  $\Omega$

Puntea wheatstone va răspunde cel mai bine pentru valorile mici (100 ohm în acest experiment)



#### BIBLIOGRAFIE

- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/248926/mod\\_resource/content/0/L5%20masurarea%20sensibilitatii%20%28punte%20Wheatstone%29.pdf](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/248926/mod_resource/content/0/L5%20masurarea%20sensibilitatii%20%28punte%20Wheatstone%29.pdf)  
 (Laborator 4, Măsurarea tensiunii în curent alternativ. Măsurarea rezistențelor cupunți de curent continuu echilibrate (Puntea Wheatstone) - Mihai Machedon Pisu)

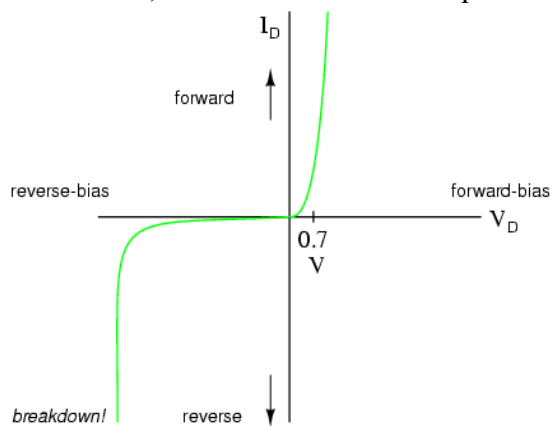
## DIODA

### Dioda Semiconductoare (1N4002 pentru Siliciu & EFR136 pentru Germaniu)

Dioda este o componentă electrică care acționează ca o supapă de curent, ea permite curentului electric să curgă într-o singură direcție (când este polarizată direct = **forward biased**), dar îl blochează în direcția opusă! (când este polarizată invers = **reverse biased**). Dioda semiconductoare cu joncțiune p-n acționează în mod similar.

*O diodă are o rezistență mare atunci când se aplică tensiune în direcția opusă (reverse biased), dar rezistența sa este mică când tensiunea este pozitivă (forward biased).*

Caracteristica I-V (curent-tensiune) a diodei de siliciu este prezentată mai jos:



Căderea de tensiune pe o diodă semiconductoare rămâne constantă la 0.7 V pentru siliciu și 0.3 V pentru germaniu. Această caracteristică a diodei de a menține o **cădere de tensiune constantă**, la diferite valori de curent, este specifică unui stabilizator de tensiune. Dar diodele de siliciu sunt, de asemenea, **sensibile la variații de temperatură**, care reprezintă un dezavantaj în comparație cu diodele Zener, care sunt utilizate efectiv pentru reglarea tensiunii datorită insensibilității lor la modificări de temperatură. Există o diferență de tensiune de aproximativ 2 mV pentru fiecare grad Celsius. Deci, diodele de siliciu sau germaniu pot **acționa ca un termometru**.

**Curentul prin diodă** poate fi determinat astfel:

$$I = I_S (e^{V_D/(nV_T)} - 1),$$

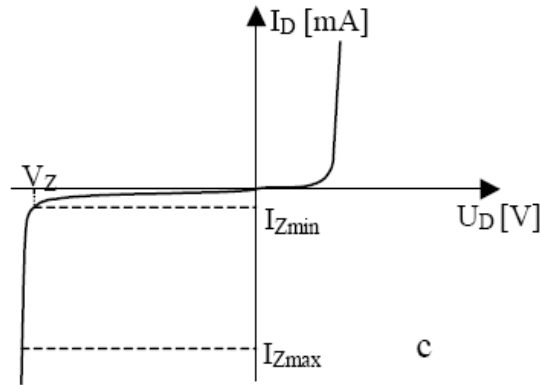
$I$  este curentul prin diodă,  
 $I_S$  este **curentul de saturație**,  
 $V_D$  este tensiunea pe diodă,  
 $V_T$  este **tensiunea termică**,

Când este polarizată invers (reverse-bias),  $I = -I_S$ , curentul este foarte mic, aprox.  $5 \times 10^{-9}$  A. Când este polarizată direct (forward-bias), caracteristica exponențială neliniară a curentului respectă relația de mai sus pentru curentul prin diodă, curentul putând atinge valoarea de 1 A.

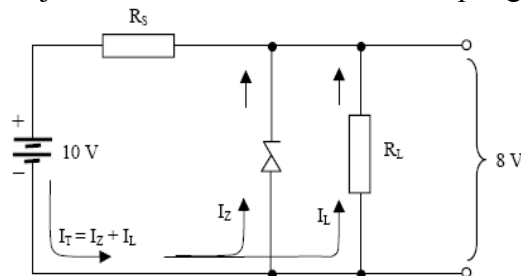
### Dioda Zener (ZPY6V2)

Dioda Zener este o diodă specială; dacă o diodă normală va fi străpunsă și distrusă, atunci când se aplică o tensiune inversă cu valoarea suficient de mare, dioda Zener va putea să funcționeze normal în direcția inversă în regiunea tensiunii de străpungere (**breakdown**).

O diodă Zener polarizată invers presupune o **străpungere controlată** și permite fluxului de curent să **mențină tensiunea pe dioda Zener** la valoarea tensiunii de străpungere  $V_Z$ .



Diodele Zener sunt utilizate la scară largă pentru a stabili tensiunea din circuit. Când este conectată în paralel cu o sursă de tensiune variabilă, polarizată invers, o diodă Zener intră în conducție când tensiunea atinge valoarea tensiunii de străpungere. Din acest punct se **păstrează tensiunea la acea valoare**. Să presupunem că dioda Zener utilizată în circuitul de mai jos are o tensiune inversă de străpungere de aproximativ 8 V.



Dioda Zener este de obicei folosită pentru a **genera tensiunea de referință** pentru un amplificator, sau ca **stabilizator de tensiune** pentru aplicații cu curenți mici.

### Măsurători practice

1. Pentru diferite valori ale curentului prin diodă (1, 5 și 10 mA), măsurați tensiunea pe diodă. Tensiunea de alimentare variază între 0.1 și 15 V (0.2, 0.5, 0.7, 1, 2, 5, 10, 12 V). Dioda este polarizată direct! Determinați și desenați caracteristica I-V pentru 3 diode (9 tabele). Care este tensiunea de prag?
2. Furnizați tensiune negativă diodei Zener (-1, -5, -6, -7, -10, -12 V). Măsurați tensiunea pe diodă pentru curenți prin diodă sub 20 mA (1, 3 și 5 mA). Care este tensiunea de străpungere inversă pentru dioda Zener? Desenați caracteristica I-V pentru dioda polarizată invers.
3. Pentru dioda de Germaniu EFR 136 demonstrați că poate funcționa ca termometru, suflând aer rece pe diodă, și comparând tensiunea de la temperatura camerei cu noua tensiune obținută prin suflare. Care este valoarea reală, știind că tensiunea pe diodă scade cu fiecare 1.8 mV pentru o variație a temperaturii de un grad Celsius?

Legături: Sursa + – (16 și 7), Rezistență de **1000 ohmi** (14 cu 10), Tensiune pe diodă + – (10 și 4)

$I_{alim} = 0.001$  A, D1 = 1N4007 (sau F102) (siliciu), D2 = EFR136 (germaniu), D3= DZ6V2 (Zener)

$V_{alim}$ (V)	$V_{D1}$ (V)	$V_{prag}$ (V)	$V_{alim}$ (V)	$V_{D2}$ (V)	$V_{prag}$ (V)
0.1	0.096	1.64	0.1	0.024	1.19
0.3	0.295	$V_{Dmax}=0.57$	0.3	0.049	$V_{Dmax}=0.09$
0.5	0.428		0.5	0.428	
0.8	0.501		0.8	0.501	
1.5	0.560		1.5	0.560	
3	0.567		3	0.567	

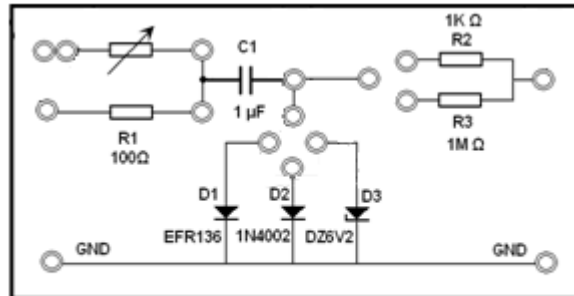
$V_{alim}$ (V)	$V_{D3}$ (V)	$V_{prag}$ (V)	$V_{alim}$ (V)	$V_{D3}$ (V)	$V_{prag}$ (V)
0.1	0.097	1.82	-2	-1.996	-7.03
0.3	0.297	$V_{Dmax}=0.725$	-5	-4.988	$V_{DZmax}=-6.03$
0.5	0.496		-6	-5.84	
0.8	0.665		-6.7	-6.01	
1.5	0.713		-7.2	-6.03	
3	0.722		-9	-6.03	$I_{alim}=-0.001A!$

a) Obțineți caracteristicile:  $V_D(V_{alim})$  pentru D1,D2,D3 în polarizare directă, și D3 în polarizare inversă și afișați-le pe același grafic.

Pentru  $V_{alim} = -12$  V pe dioda Zener (D3), se obțin următoarele rezultate pentru valori diferite de  $I_{alim}$

$I_{alim}$ (mA)	$V_{prag}$ (V)	$V_{D3}$ (V)
-1	-7.03	-6.03
-2	-8.02	-6.03
-3	-8.70	-6.04
-5	-10	-6.05

b) Realizați graficul  $I_{alim}(V_{D3})$



Montaj cu 3 diode



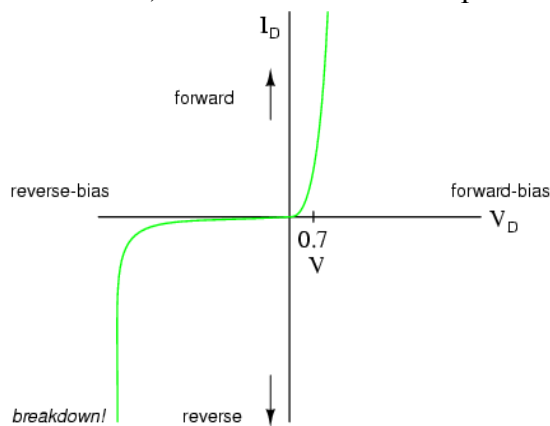
## DIODA

### Dioda Semiconductoare (1N4002 pentru Siliciu & EFR136 pentru Germaniu)

Dioda este o componentă electrică care acționează ca o supapă de curent, ea permite curentului electric să curgă într-o singură direcție (când este polarizată direct = **forward biased**), dar îl blochează în direcția opusă! (când este polarizată invers = **reverse biased**). Dioda semiconductoare cu joncțiune p-n acționează în mod similar.

*O diodă are o rezistență mare atunci când se aplică tensiune în direcția opusă (reverse biased), dar rezistența sa este mică când tensiunea este pozitivă (forward biased).*

Caracteristica I-V (curent-tensiune) a diodei de siliciu este prezentată mai jos:



Căderea de tensiune pe o diodă semiconductoare rămâne constantă la 0.7 V pentru siliciu și 0.3 V pentru germaniu. Această caracteristică a diodei de a menține o **cădere de tensiune constantă**, la diferite valori de curent, este specifică unui stabilizator de tensiune. Dar diodele de siliciu sunt, de asemenea, **sensibile la variații de temperatură**, care reprezintă un dezavantaj în comparație cu diodele Zener, care sunt utilizate efectiv pentru reglarea tensiunii datorită insensibilității lor la modificări de temperatură. Există o diferență de tensiune de aproximativ 2 mV pentru fiecare grad Celsius. Deci, diodele de siliciu sau germaniu pot **acționa ca un termometru**.

Curentul prin diodă poate fi determinat astfel:

$$I = I_S (e^{V_D/(nV_T)} - 1),$$

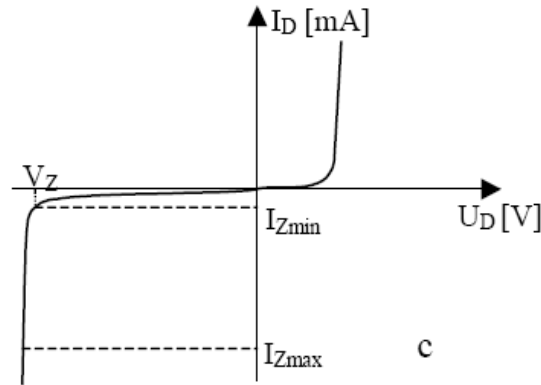
$I$  este curentul prin diodă,  
 $I_S$  este **curentul de saturație**,  
 $V_D$  este tensiunea pe diodă,  
 $V_T$  este **tensiunea termică**,

Când este polarizată invers (reverse-bias),  $I = -I_S$ , curentul este foarte mic, aprox.  $5 \times 10^{-9}$  A. Când este polarizată direct (forward-bias), caracteristica exponențială neliniară a curentului respectă relația de mai sus pentru curentul prin diodă, curentul putând atinge valoarea de 1 A.

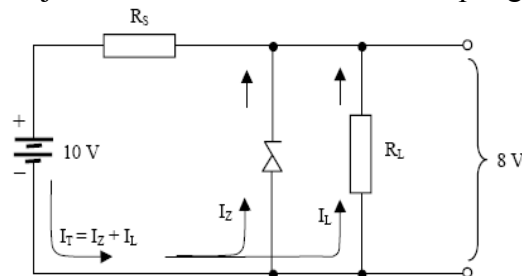
### Dioda Zener (ZPY6V2)

Dioda Zener este o diodă specială; dacă o diodă normală va fi străpunsă și distrusă, atunci când se aplică o tensiune inversă cu valoarea suficient de mare, dioda Zener va putea să funcționeze normal în direcția inversă în regiunea tensiunii de străpungere (**breakdown**).

O diodă Zener polarizată invers presupune o **străpungere controlată** și permite fluxului de curent să **mențină tensiunea pe dioda Zener** la valoarea tensiunii de străpungere  $V_Z$ .



Diodele Zener sunt utilizate la scară largă pentru a stabili tensiunea din circuit. Când este conectată în paralel cu o sursă de tensiune variabilă, polarizată invers, o diodă Zener intră în conducție când tensiunea atinge valoarea tensiunii de străpungere. Din acest punct se **păstrează tensiunea la acea valoare**. Să presupunem că dioda Zener utilizată în circuitul de mai jos are o tensiune inversă de străpungere de aproximativ 8 V.



Dioda Zener este de obicei folosită pentru a **genera tensiunea de referință** pentru un amplificator, sau ca **stabilizator de tensiune** pentru aplicații cu curenți mici.

### Măsurători practice

1. Pentru diferite valori ale curentului prin diodă (1, 5 și 10 mA), măsurați tensiunea pe diodă. Tensiunea de alimentare variază între 0.1 și 15 V (0.2, 0.5, 0.7, 1, 2, 5, 10, 12 V). Dioda este polarizată direct! Determinați și desenați caracteristica I-V pentru 3 diode (9 tabele). Care este tensiunea de prag?
2. Furnizați tensiune negativă diodei Zener (-1, -5, -6, -7, -10, -12 V). Măsurați tensiunea pe diodă pentru curenți prin diodă sub 20 mA (1, 3 și 5 mA). Care este tensiunea de străpungere inversă pentru dioda Zener? Desenați caracteristica I-V pentru dioda polarizată invers.
3. Pentru dioda de Germaniu EFR 136 demonstrați că poate funcționa ca termometru, suflând aer rece pe diodă, și comparând tensiunea de la temperatura camerei cu noua tensiune obținută prin suflare. Care este valoarea reală, știind că tensiunea pe diodă scade cu fiecare 1.8 mV pentru o variație a temperaturii de un grad Celsius?

Legături: Sursa + – (16 și 7), Rezistență de **1000 ohmi** (14 cu 10), Tensiune pe diodă + – (10 și 4)

$I_{alim} = 0.001$  A, D1 = 1N4007 (sau F102) (siliciu), D2 = EFR136 (germaniu), D3= DZ6V2 (Zener)

$V_{alim}$ (V)	$V_{D1}$ (V)	$V_{prag}$ (V)	$V_{alim}$ (V)	$V_{D2}$ (V)	$V_{prag}$ (V)
0.1	0.096	1.64	0.1	0.024	1.19
0.3	0.295	$V_{Dmax}=0.57$	0.3	0.049	$V_{Dmax}=0.09$
0.5	0.428		0.5	0.428	
0.8	0.501		0.8	0.501	
1.5	0.560		1.5	0.560	
3	0.567		3	0.567	

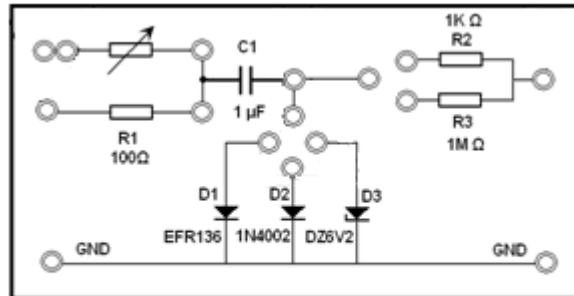
V <sub>alim</sub> (V)	V <sub>D3</sub> (V)	V <sub>prag</sub> (V)	V <sub>alim</sub> (V)	V <sub>D3</sub> (V)	V <sub>prag</sub> (V)
0.1	0.097	1.82	-2	-1.996	-7.03
0.3	0.297	V <sub>Dmax</sub> =0.725	-5	-4.988	V <sub>DZmax</sub> =-6.03
0.5	0.496		-6	-5.84	
0.8	0.665		-6.7	-6.01	
1.5	0.713		-7.2	-6.03	
3	0.722		-9	-6.03	
			I <sub>alim</sub> =-0.001A!		

a) Obțineți caracteristicile:  $V_D(V_{alim})$  pentru D1,D2,D3 în polarizare directă, și D3 în polarizare inversă și afișați-le pe același grafic.

Pentru  $V_{alim} = -12$  V pe dioda Zener (D3), se obțin următoarele rezultate pentru valori diferite de  $I_{alim}$

$I_{alim}$ (mA)	$V_{prag}$ (V)	$V_{D3}$ (V)
-1	-7.03	-6.03
-2	-8.02	-6.03
-3	-8.70	-6.04
-5	-10	-6.05

b) Realizați graficul  $I_{alim}(V_{D3})$



Montaj cu 3 diode

Sheet1

Forward Biased				
V_alim	V_D1	V_D2	V_D3	
		Ge	Si	Zener
0,1	102,6	103	103	103
0,3	302	302	303	303
0,5	434	443	503	503
0,8	507	514	655	655
1,5	557	573	702	702
3	613	620	730	730

Reverse-biased	
V_alim	V_DZ
-2	-2
-5	-5
-6,7	-6,2
-7,2	-6,2
-9	-6,2

Treshold	
Material	V_prag
Ge	0,3V
Si	0,7V
Zener_fwd	0,7V
Zener_rev	-6,2V

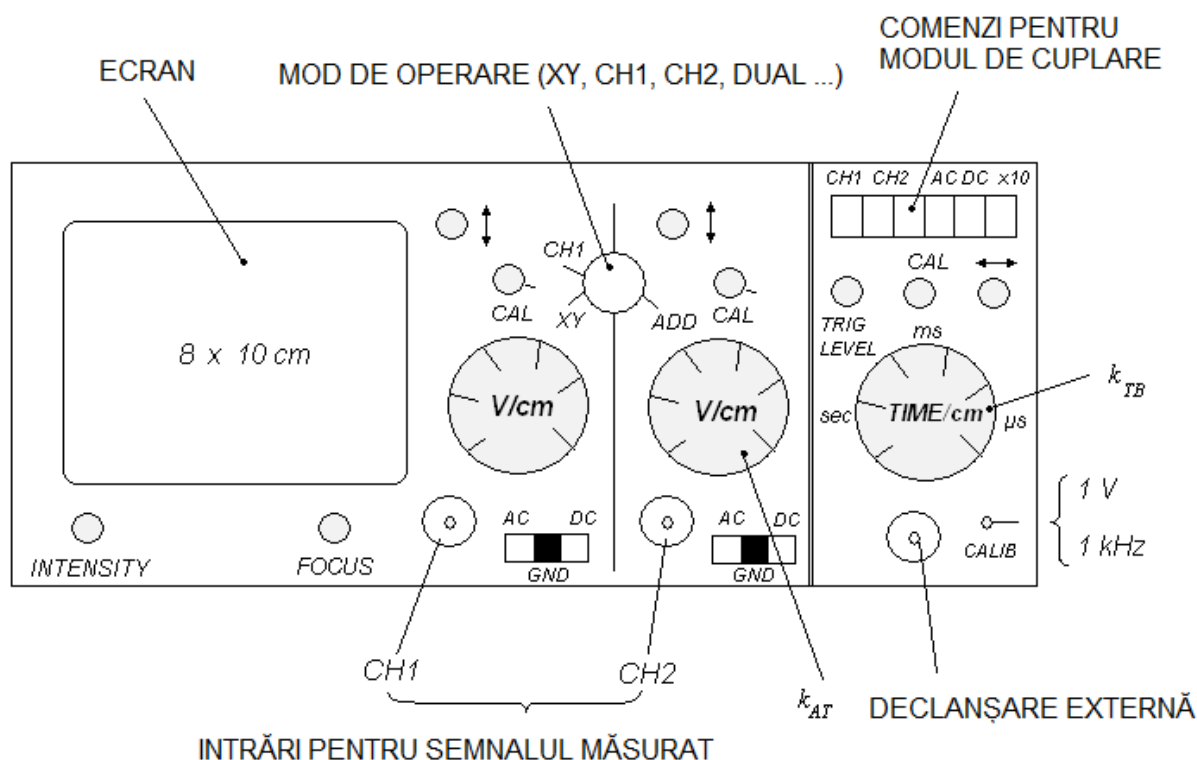
## BIBLIOGRAFIE

- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/251894/mod\\_resource/content/0/Lab5ME\\_dioda.pdf](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/251894/mod_resource/content/0/Lab5ME_dioda.pdf) (Laborator 5, Dioda Semiconductoare (1N4002 pentru Siliciu & EFR136 pentru Germaniu) - Mihai Machedon Pisu)

# Măsurători cu osciloscopul în timp real

## 1. Considerații teoretice

Osciloscopul este un aparat electronic ce permite afișarea vizuală a variației în timp a semnalelor electrice (tensiunii). Pentru semnale periodice cu frecvențe până la 100 MHz se construiesc oscilosoape în timp real cu unul sau mai multe canale. În figura de mai jos este prezentat un osciloscop în timp real (ANALOGIC) cu două canale CH1 și CH2.



Semnificația blocurilor specificate în figură este următoarea:

INTENSITY	- ajustarea luminozității ecranului
FOCUS	- focalizare
CAL	- calibrarea osciloscopului
ADD	- însumarea semnalelor
XY	- modul XY (fără baza de timp)
V/cm	- selectarea atenuării pentru tensiune ( $k_{AT}$ )
Time/cm	- selectarea atenuării bazei de timp ( $k_{TB}$ )
TRIG LEVEL	- nivelul de declanșare

La intrarea semnalului pe canalul vertical CH1 (sau CH2), modul de cuplare poate fi selectat astfel:

- DC – cuplaj în C.C. – semnalul măsurat conține doar componenta continuă;
- AC – cuplaj în C.A. – numai componenta alternativă trece (folosind un condensator în serie);
- GND – intrarea este conectată la masa osciloscopului.



## 2. Funcționarea osciloscopului

Sincronizarea osciloscopului (**KC**), adică obținerea unei imagini stabile pe ecran, este obținută prin:

INT TRIG – (internal triggering = declanșare internă) auto-sincronizare prin scoaterea unui semnal de pe canalele verticale (Y1 sau Y2);

EXT TRIG – (external triggering) sincronizare cu un semnal extern ales corespunzător.

LINE – frecvența rețelei de alimentare a instrumentului

**Întrebări:** Afișați un semnal sinusoidal pe ecranul Osciloscopului și răspundeți la întrebările:

- 1 Care este rolul butonului de INTENSITY?
- 2 Care este rolul butonului de FOCUS?
- 3 Care este rolul butonului de MAG (x5) sau (x10)?
- 4 Care este rolul butonului de AC-GND-DC?
- 5 Care este rolul butonului de TRIG Level?
- 6 Care este rolul butonului de VOLTS/DIV sau VOLTS/CM?
- 7 Care este rolul butonului de TIME/DIV sau TIME/CM?
- 8 Care este rolul butonului de MODE: CH1, CH2 și Dual?
- 9 Care este rolul butonului de VARIABLE sau Var Sweep?
- 10 Care este rolul butonului de CAL?

## 3. Pregătirea comenzilor pentru măsurători

### 3.1. Ajustări preliminare

- Intensity (luminozitatea), focus, poziționare verticală/orizontală ( $\leftarrow\rightarrow$ )
- Calibrare. Aplicați la fiecare intrare (CH1, CH2) un semnal standard de CAL (1V, 1KHz)

### 3.2. Verificarea comutatorului AC-GND-DC

Folosiți un generator de funcții pentru a aplica o undă sinusoidală compensată (semnal complex AC +DC) .

Observați pe ecranul osciloscopului:

- Semnalul pur AC (fără compensare DC), comutând " AC " și " DC " , succesiv
- Semnalul AC cu compensare DC , comutând " AC " și " DC " , succesiv

### 3.3. Verificarea comenzilor VERTICALE ( $k_{AT}$ ) și ORIZONTALE ( $k_{TB}$ )

Aplicați un semnal sinusoidal (1 - 5 kHz ) la CH1/CH2 ( de la generatorul de funcții ) :

- Reglați dimensiunea verticală la aproximativ 7 cm (  $k_{AT}$  ) ;
  - Reglați dimensiunea orizontală, astfel încât să se afișeze între 2 și 4 perioade ale semnalului de vizualizat pe ecran (  $k_{BT}$  ) ;
  - Corelarea canalului de intrare cu baza de timp apăsând pe butonul corespunzător (MOD de cuplare) ;
  - Utilizați modul de declanșare intern (=internal trigger mode) – Porniți butonul " TRIG MODE " atât în sensul acelor de ceasornic cât și invers . Observați punctul de pornire al imaginii .
- Observați gama de măsurare pentru care imaginea este stabilă ;

- Vizualizați stabilitatea imaginii prin varierea amplitudinii semnalului de la generatorul de funcții;
- Vizualizați stabilitatea imaginii prin varierea dimensiunii imaginii de la comenzile verticale ( $k_{AT}$ ).

**Întrebări:** Afișați un semnal sinusoidal pe ecranul Osciloscopului și răspundeți la întrebările:

- 1 Butonul de TIME/DIV (sau TIME/CM) este setat la 20uV/cm. Pe ecranul osciloscopului măsurăm 5 cm între două vârfuri de semnal sinusoidal (pe orizontală). Care este frecvența semnalului?
- 2 Butonul de VOLTS/DIV (sau VOLTS/CM) este setat la 50mV/cm. Pe ecranul osciloscopului măsurăm 5 cm între două vârfuri de semnal sinusoidal opuse ca polaritate (pe verticală). Care este amplitudinea semnalului?

#### 4. Desfășurarea lucrării de laborator

- 1 Pentru ce valori ale frecvenței Osciloscopul operează cu erorile cele mai mici?
- 2 Care este limita superioară a tensiunii (amplitudinii) ce poate fi măsurată cu Osciloscopul din dotare?
- 3 Care este limita inferioară a tensiunii (amplitudinii) ce poate fi măsurată cu Osciloscopul din dotare?
- 4 Care este limita superioară a frecvenței ce poate fi măsurată cu Osciloscopul din dotare?
- 5 Care este limita inferioară a frecvenței ce poate fi măsurată cu Osciloscopul din dotare?
- 6 Poate fi considerat osciloscopul un aparat de măsurare precis? Explicați

Frecvență GF	Frecvență OSC	Tensiune sursă	Tensiune OSC	Eroare frecvență	Eroare tensiune
Hz-MHz (GHz)	Hz-MHz (GHz)	mV-V	mV-V		

#### 5. Măsurarea parametrilor de semnal (explicații)

##### 5.1. Amplitudinea

Amplitudinea semnalului poate fi determinată prin afișarea tensiunii pe ecran (Figura 1).

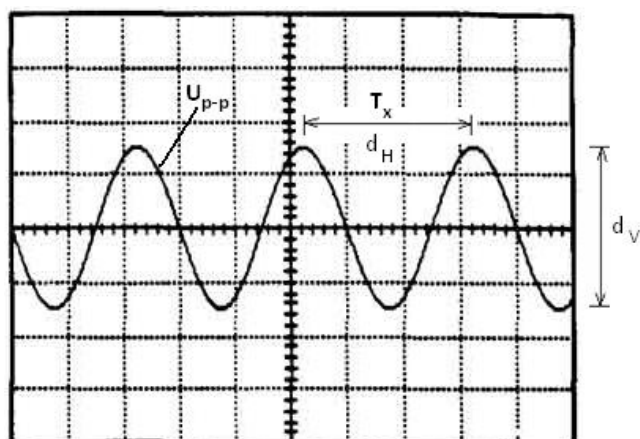


Fig. 1. Imaginea variației în timp a tensiunii pe ecranul osciloscopului

Înainte de determinarea oricărei valori, osciloscopul trebuie calibrat (pe ambele axe X și Y)!!!

Amplitudinea tensiunii  $U_{p-p}$  (peak-to-peak = vârf la vârf) poate fi calculată astfel:

$$U_{p-p}(V) = k_{AT}(V/cm) \cdot d_V(cm)$$

- $k_{AT}$  este coeficientul vertical (reglat de comutatorul de atenuare, exprimat în volți/cm)
- $d_V$  este dimensiunea verticală a imaginii (exprimat în cm)

## 5.2. Timpul și Frecvența

Intervalul de timp (perioada semnalului) este măsurat în Figura 1 ( $T_x$ ). Amintiți-vă că axa timpului trebuie calibrată! Perioada este măsurată între două vârfuri consecutive rezultând:

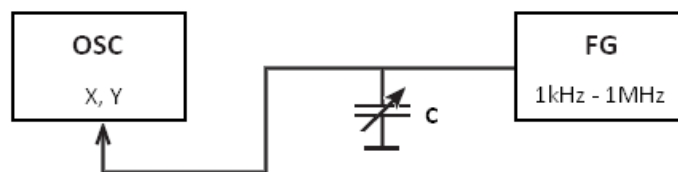
$$T_x(ms) = k_{BT}(timp/cm) \cdot d_O(cm)$$

- $k_{BT}$  este coeficientul orizontal (rata de baleiaj a bazei de timp BT)
- $d_O$  este dimensiunea orizontală

Se folosește aceeași configurație de măsurare ca la 4.1. Frecvența semnalului este:

$$f_x(ms) = 1/T_x$$

Configurația folosită este următoarea:



### INTREBARI:

1. Frecvența: 9,7 kHz
2. Amplitudine: 125 mV

### IV. DESFASURAREA LUCRARI

1. Osciloscopul operează cu cele mai mici erori atunci când valorile frecvențelor sunt mari
2. Limita superioară:
  - sursă: 20V
  - osciloscop: 5V
3. Limita inferioară:
  - sursă: 20mV
  - osciloscop: 2mV
4. Limita superioară frecvență: 90 kHz
5. Limita inferioară frecvență: 20 Hz

BIBLIOGRAFIE- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/263841/mod\\_resource/content/0/L8\\_osciloscop.pdf](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/263841/mod_resource/content/0/L8_osciloscop.pdf) (Laborator 8)

# Măsurători cu osciloscopul în timp real II

## 1. Configurarea măsurătorilor

Pentru determinări practice, vor fi utilizate următoarele instrumente:

- Osciloscop cu două canale (OSC) - Generator de funcții (FG) - Voltmetru digital (multimetru) (DV)

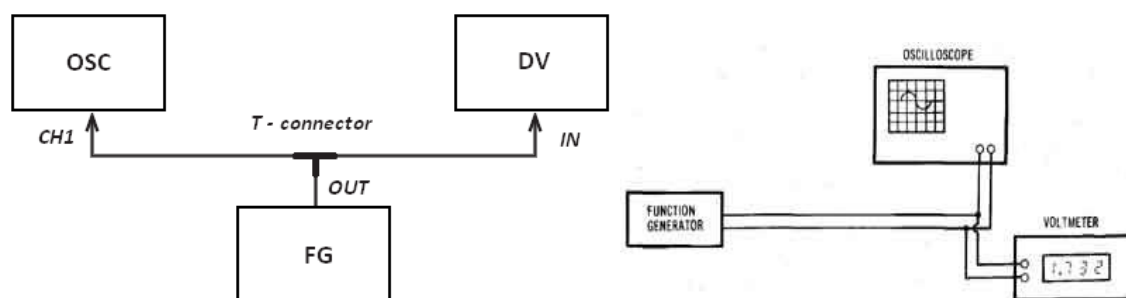


Fig. 1. Configurarea măsurătorilor pentru  $U_{p-p}$  și  $U_{r.m.s.}$ .

Semnalul de la generatorul de funcții va fi aplicat atât la intrările osciloscopului (CH1 sau CH2) cât și la intrarea voltmetrului digital folosind un conector T coaxial (Figura 1).

### 1.1. Determinări practice

Generați un semnal de 10V (curent alternativ), cu frecvența între 50 Hz și 10 kHz.

- Determinați valoarea vârf la vârf a tensiunii  $U_{p-p}$  (pe osciloscop).
- Măsurați valoarea efectivă a tensiunii  $U_{r.m.s.}$  a semnalului (pe voltmetru).
- Verificați acuratețea măsurătorilor folosind relațiile:

$$U_{r.m.s.} = \frac{1}{2\sqrt{2}} U_{p-p} \cong 0.35 \cdot U_{p-p}$$

sau,

$$U_{p-p} \cong 2.83 \cdot U_{r.m.s.}$$

- Calculați această diferență pentru 6 valori diferite de frecvență (50Hz, 200 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 KHz, 10 kHz) pentru un semnal sinusoidal:  $\Delta U = U_{p-p} - 2.83 \cdot U_{r.m.s.}$

Aceasta este eroarea absolută a osciloscopului! Realizați în Excel cele 3 grafice  $\epsilon(f)$

Tip semnal	Frecvență	$U_{p-p}$	$U_{r.m.s.}$	$\Delta U$	$\epsilon$
sinusoidal					
triunghiular					
dreptunghiular					

### 1.2. O nouă metodă de a măsura frecvența unui semnal

Pentru a determina frecvența unui semnal dreptunghiular (un puls) la frecvențe înalte, se poate folosi timpul de creștere ( $t_{rise}$ ) măsurat cu un osciloscop. Pulsul se potrivește astfel încât să se

încadreze pe marcajele de pe ecran (Figura 2). Imaginea obținută va permite măsurarea timpului de creștere cumulativ,  $t_{total}$ .

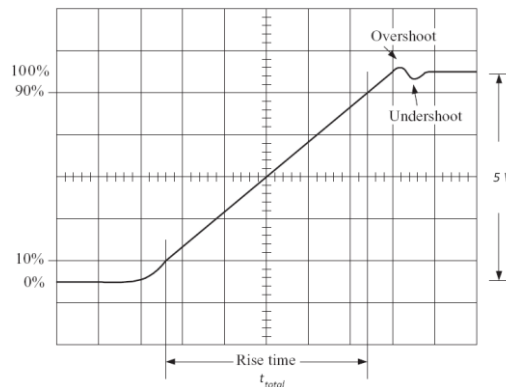


Fig. 2. Măsurarea timpului de creștere (Rise time)

Pentru o vizualizare mai bună, apăsați XMAG, care multiplică scara orizontală de 10 ori. În cele din urmă, timpul de creștere măsurat  $t_{total}$  trebuie împărțit la 10!

Valoarea corectă a timpului de creștere este:  $t_{rise} = \sqrt{t_{total}^2 - t_{OSC}^2 - t_p^2}$

- $t_{total}$  este timpul de creștere măsurat
- $t_{OSC}$  este timpul de creștere al osciloscopului
- $t_p$  este timpul de creștere al probei

Lățimea de bandă, B se calculează astfel:  $B(MHz) = \frac{0.35}{t_{rise}(\mu s)}$

$t_{rise}(\mu s)$	$B(MHz)$	Frecv. Gen (MHz)	$\epsilon$
		1 MHz	
		500 kHz	

## 2. Întrebări

1. La ce frecvențe multimetrul dă cele mai bune rezultate (din punct de vedere al erorii)?
2. Cum se calculează valoarea efectivă (R.M.S.) pentru cele trei tipuri de semnale (sinusoidal, triunghiular, dreptunghiular)?
3. Cât de eficientă este noua metodă de măsurare a frecvenței (din punct de vedere al erorii)? Încercați diferite frecvențe înalte (500 kHz, 1 MHz)

Forma semnal		rms	med	$k_f$	$k_v$
	sinus	$\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ $0.707 V_m$	$\frac{2}{\pi} V_m$ $0.637 V_m$	$\left  \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \right  = 1.111$	$\sqrt{2} = 1.414$
	Dreptunghiular simetric	$V_m$	$V_m$	1	1
	Triunghiular	$\frac{V_m}{\sqrt{3}}$	$\frac{V_m}{2}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$	$\sqrt{3} = 1.732$

Indiciu -->



## Măsurători cu osciloscopul în timp real III

### 1. Măsurători pentru diferența de fază, frecvența în modul dual și filtre

Oscilosoapele pot măsura diferența de fază dintre două semnale de intrare cu amplitudini diferite ( $U_1 \neq U_2$ ) dar cu frecvență *identică* ( $f_1 = f_2$ ) folosind modul DUAL sau modul X-Y.

#### 1.1. Modul de operare Yt

Folosind montajul din Figura 3, se obțin semnalele afișate în Figura 1, care trebuie aduse la:

- *amplitudine identică*
- *referință comună (baza)*

$\tau$  (distanța dintre semnale) și  $T$  (perioada) sunt exprimate în cm. Baza de timp nu trebuie calibrată!

Diferența de fază este:

$$\varphi = \frac{\tau}{T} \cdot 360^\circ$$

#### 1.2. Modul de operare XY

Baza de timp este dezactivată atunci când alegem modul XY! Imaginea obținută reprezintă dependența X-Y (Figura 2). Diferența de fază este:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{a}{b}\right)$$

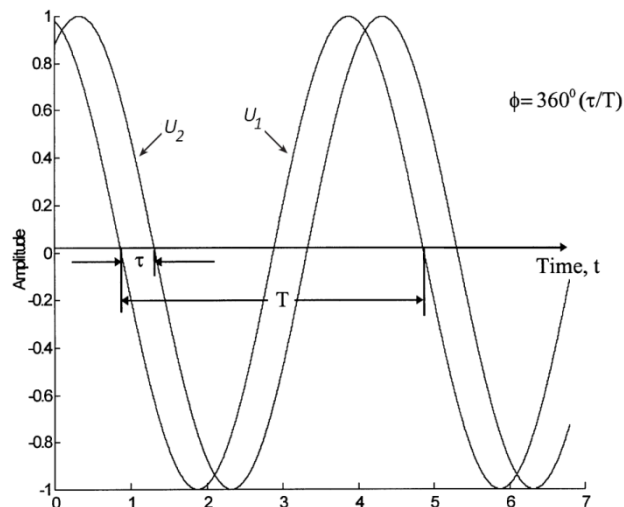


Fig. 1. Measurement of phase difference (Yt mode)

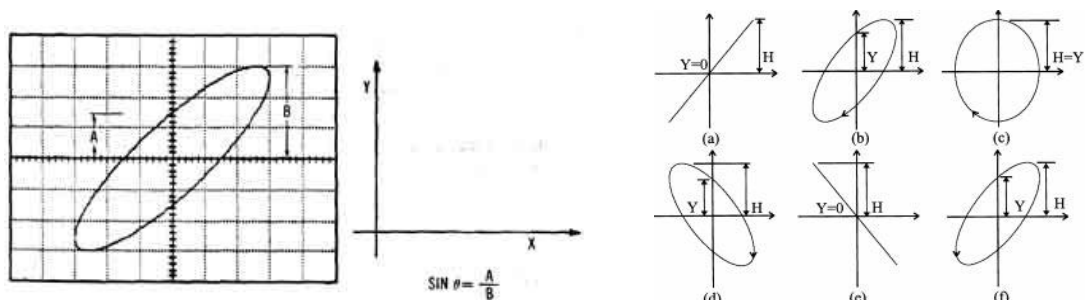


Fig. 2. Măsurarea diferenței de fază (în modul XY): (a) 0°, (b) 45°, (c) 90° (d) 135° ...

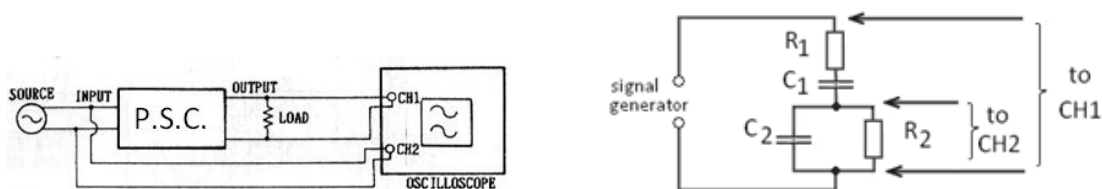


Fig. 3. Configurarea măsurătorilor cu circuitul de schimbare a fazei P.S.C. (phase shift circuit), care este un divizor de tensiune CR, vezi Fig. 3. dreapta. Sursa (SOURCE) din Fig. 3. stânga este un generator de undă sinusoidală.

### 1.3. Măsurarea frecvenței prin comparație (Figurile Lissajous)

Această metodă prevede compararea frecvenței necunoscute,  $f_x$  cu o frecvență etalon cunoscută,  $f_e$ .



Fig. 4. stânga: Generați două semnale cu aceeași amplitudine și frecvență ( $f_1 = f_2$ ), sau un multiplu de aceeași frecvență ( $f_1 = n \times f_2$ ) de la două surse diferite! și utilizați modul XY (DUAL). Fig.4. dreapta: Se obțin așa numitele figuri Lissajous.

În exemplul din Fig.4. dreapta, se poate calcula numărul maxim de intersecții: cu dreapta verticală,  $n_v = 4$ , și cu dreaptă orizontală  $n_H = 2$ . Astfel, raportul dintre cele două frecvențe este:

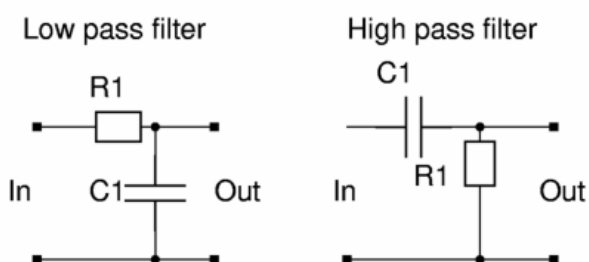
$$\frac{f_x}{f_e} = \frac{n_v}{n_H}$$

de unde rezultă că:

$$f_x = f_e \cdot \frac{n_v}{n_H} = 2 \cdot f_e$$

### 1.4. Filtrarea semnalelor

Folosind un rezistor și un condensator puteți construi filtre trece-jos [INTEGRATOR] și trece-sus [DERIVATOR]. Care este **frecvența de tăiere** ( $f_c$ ) în cele două cazuri? Care sunt valorile pentru  $R$  și  $C$ ?

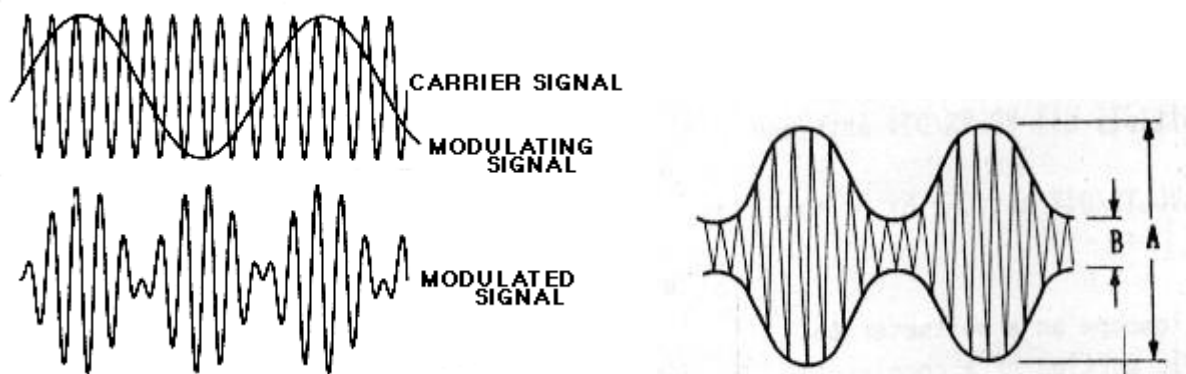


$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

## 2. Modularea semnalelor

### Modularea în amplitudine (AM)

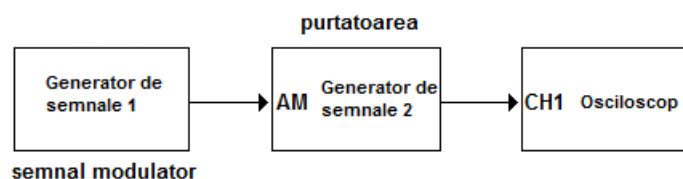
Semnalele sinusoidale modulate în amplitudine pot fi studiate pe osciloscop în modul dual sau XY:



Modulația în amplitudine înseamnă semnalul de intrare (modulating signal) este combinat cu purtătoarea (carrier signal) astfel încât să varieze amplitudinea semnalului de intrare. Pentru a afla în ce măsură este modulat semnalul, se determină modularea,  $m(\%)$ :

$$m = \frac{A - B}{A + B} \cdot 100(\%)$$

B poate avea și valori negative, un caz în care avem supramodulație ( $m > 100\%$ ). Folosiți următorul montaj pentru a obține imaginea de mai sus.



## 3. Desfășurarea lucrării de laborator

Pentru punctele 1.1 și 1.4 faceți tabele individuale cu 5, și respectiv 7 valori diferite de frecvență (20 Hz – 50 kHz) și respectiv diferență de fază. Calculați eroarea de măsurare! Pentru punctul 1.4 calculați frecvența de tăiere și valorile rezistenței R și capacității C care conduc la obținerea valorii acestora!

La punctul 2, generați 3 – 5 valori diferite pentru modulare.

Amplitudine (V)	Frecvență (Hz)	$\varphi (\tau/T \cdot 360)$	$\varphi (\arcsin(a/b))$	$\varepsilon_\varphi$

Amplitudine semnal (V)	Frecvență (Hz)	Frecvența de tăiere (Hz)

A	B	m

## Măsurători cu osciloscopul în timp real III

**Figurile Lissajous** sunt formate din compunerea perpendiculară a două semnale sinusoidale, una pe axa X, respectiv una pe axa Y.

Compunerea lor rezultă în afișarea cel puțin a unei elipse (cercul este o elipsă simplificată).

Raportul  $\frac{N_x}{N_y}$  de intersecție a punctelor cu axele X și Y pot determina frecvența unui semnal sinusoidal necunoscut.

### Pași de măsurare frecvență:

1. Se conectează un generator de semnal sinusoidal la osciloscop, și se setează osciloscopul în modul XY.
2. Se ajustează semnalul generatorului astfel încât să apară o figură stabilă.
3. Se notează numărul de puncte de intersecție în axa X, și separat în axa Y.
4. Se calculează frecvența necunoscută cu ecuația  $f_{necunoscut} = \frac{N_y}{N_x} \cdot f_{referință}$

### Bibliografie:

- <https://youtu.be/HqsXe3IKTCo> - Junk Box Oscilloscope, Can It Be Fixed? - [Mr Carlson's Lab](#)
- [https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/263843/mod\\_resource/content/0/L10\\_osciloscop3.pdf](https://elearning.unitbv.ro/pluginfile.php/263843/mod_resource/content/0/L10_osciloscop3.pdf) - Măsurători cu osciloscopul în timp real III – Machedon Pisu