

Lucrarea de laborator 3

Realizarea și măsurarea unor circuite pe placa de test

Scop: Folosirea plăcii de test; experimente pe circuite realizate pe o placă de test. Măsurarea divizoarelor rezistive cu ohmetrul și osciloscopul.

Breviar teoretic

1. Citirea și măsurarea rezistoarelor

Rezistoarele se marchează în clar sau în codul culorilor (figura 1).

culoarea	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4	banda 5
Negru	0	0	0	$\times 1$	
Maro	1	1	1	$\times 10$	1%
Rosu	2	2	2	$\times 100$	2%
Portocaliu	3	3	3	$\times 1,000$	
Galben	4	4	4	$\times 10,000$	
Verde	5	5	5	$\times 100,000$	0.50%
Albastru	6	6	6	$\times 10^6$	0.25%
Violet	7	7	7	$\times 10^7$	0.10%
Gri	8	8	8	$\times 10^8$	0.05%
Alb	9	9	9	$\times 10^9$	
Auriu				$\times 0.1$	5%
Argintiu				$\times 0.01$	10%

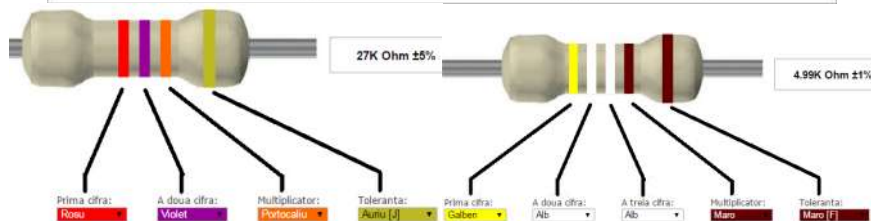


Figura 1: Codul culorilor pentru rezistoare; exemple cu 4 și 5 benzi colorate

Numărul de benzi este variabil, în funcție de câte cifre semnificative se marchează (2 sau 3):

- rezistența se scrie ca $MN \cdot 10^K$ sau $MNP \cdot 10^K$ rezultând 3 sau 4 benzi pentru valoare + multipliator

- toleranța este deci a 4-a sau a 5-a bandă; în caz că aceasta lipsește (3 benzi în total), se consideră toleranță de $\pm 20\%$.

Din ce capăt se începe citirea ?

- de obicei este un spațiu mai mare între cifrele de valoare+multipliator, și cea de toleranță

- de obicei, prima cifră este banda cea mai apropiată de un capăt

- cele mai uzuale toleranțe (auriu și argintiu, 5% și 10%) sînt culori care nu pot fi prima cifră (nu există valoare pt. auriu și argintiu)

2. Descrierea plăcii de test

Placa de test (fig. 2,3), numită *solderless breadboard* sau uneori *protoboard* permite interconectarea componentelor fără lipituri. Ea conține grupuri de găuri în care se pot introduce terminalele componentelor sau fire de legătură. Grupuri *verticale* de câte 5 găuri sînt interconectate în interiorul plăcii prin niște contacte metalice. De asemenea, există și câte 2 rînduri *orizontale* de găuri, mult mai lungi, plasate în partea de sus și jos, de asemenea interconectate. Un detaliu, în care placa este văzută prin transparență, este dat în figura 3 (liniile drepte reprezintă contactele electrice).

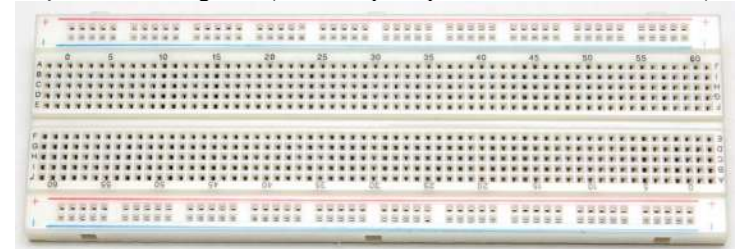


Figura 2: Placa de test: vedere de sus

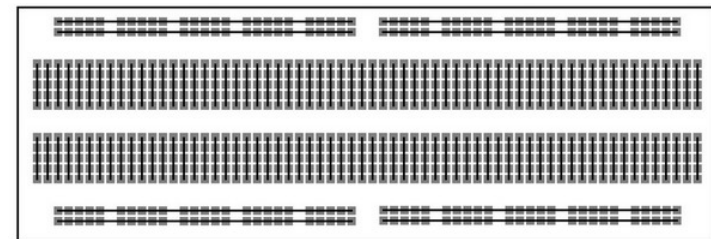


Figura 3: Placa de test: conexiuni interne. Linie dreaptă = conexiune electrică

În figura 4 sînt figurate clipsurile metalice care asigură contactele electrice.

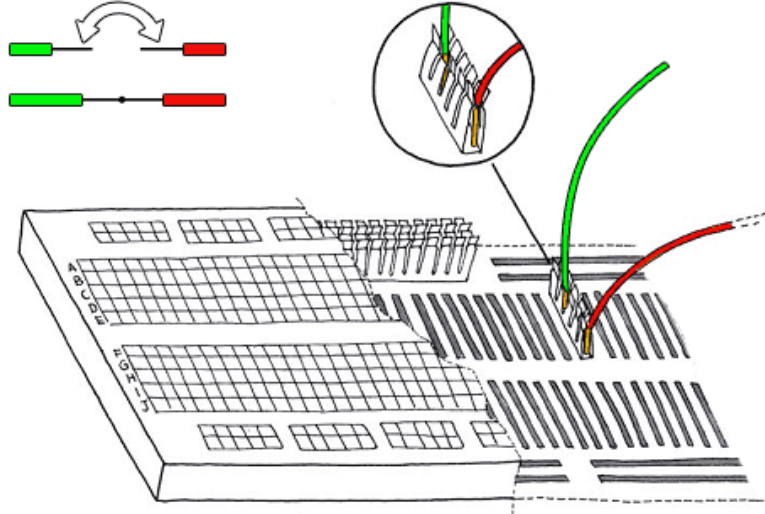


Figura 4: Placa de test: vizualizarea contactelor interne
Prin conectarea în același grup de 5 găuri, cele 2 fire sînt puse în contact electric

În figura 5 sînt date 2 exemple de realizare a unor circuite simple: 3 rezistențe serie, respectiv paralel. Observați în fig. 5b că „șanțul” de pe mijlocul plăcii este un separator, grupurile de cîte 5 găuri de deasupra/desubtul șanțului nefiind conectate între ele – în caz contrar, la circuitul paralel, rezistențele ar fi fost scurt-circuitate.

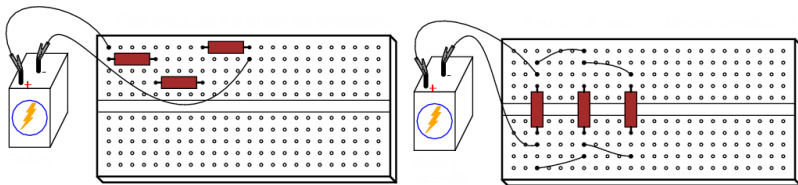


Figura 5a: circuit serie

Figura 5b: circuit paralel

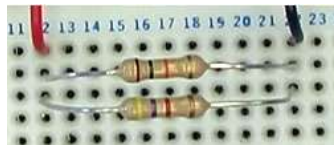


Figura 6 : alt exemplu de conectare a 2 rezistoare în paralel - fotografie

Observație: niciodată nu se înfig cele 2 terminale ale unei componente în 2 găuri din același grup de 5 găuri, ceea ce ar însemna punerea în scurt-circuit a componentei! (vezi figura 7)

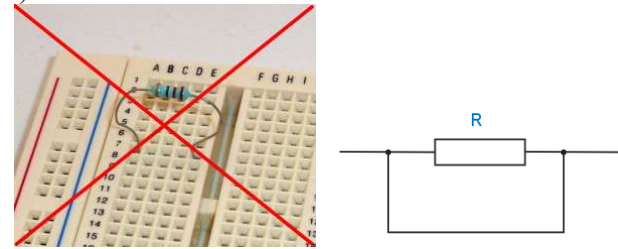


Figura 7: componentă conectată greșit, în scurt-circuit, și schema echivalentă

3. Divizoare rezistive de tensiune

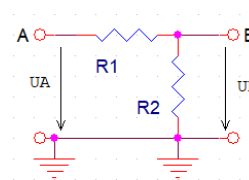


Figura 8a

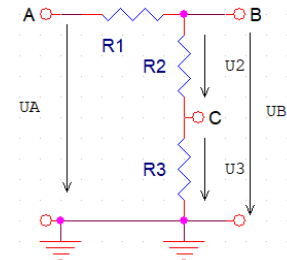


Figura 8b

Divizoare rezistive din 2/3 rezistențe

Schemele din Figura 8 se numesc *divizoare rezistive de tensiune* întrucît permit divizarea tensiunilor folosind rezistențe. După cum se observă din figura 8, în ambele montaje rezistențele sunt conectate în serie. În Figura 8a, R_1 și R_2 sunt conectate în punctul B, iar R_2 are al doilea terminal conectat la masă (GND). În Figura 8b, R_1 și R_2 sunt conectate în punctul B, iar R_2 și R_3 în punctul C. Rezistența R_3 are al doilea terminal conectat la masă (GND). Săgețile arată că ambele tensiuni U_A , U_B se măsoară față de același terminal de masă (GND). Astfel, tensiunea $U_A = V_A - V_{\text{GND}} = V_A$, unde V_{GND} este potențialul de masă (potențialul de zero volți), iar $U_B = V_B - V_{\text{GND}} = V_B$.

În figura 8a, prin rezistențele R_1 și R_2 circulă același curent. Dacă notăm $U_{1,2}$ respectiv ca fiind tensiunile pe $R_{1,2}$:

$$\frac{U_B}{U_A} = \frac{U_2}{U_1 + U_2} = \frac{I \cdot R_2}{I \cdot R_1 + I \cdot R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Prin urmare, raportul de divizare se poate determina fie măsurînd rezistențele, fie tensiunile.

OBS: Un circuit cu 2 borne de intrare și 2 de ieșire se numește, în general, *diport*. Pentru orice diport, raportul U_B/U_A (ieșire/intrare) se numește, în general, *funcție de transfer*.

Pentru schema din figura 8b raportul tensiunilor se determină în mod similar, deoarece curentul care străbate cele trei rezistențe este același:

$$\frac{U_B}{U_A} = \frac{U_2 + U_3}{U_1 + U_2 + U_3} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Dacă dorim să calculăm raportul tensiunilor U_2 și U_A , procedând în mod similar se determină:

$$\frac{U_2}{U_A} = \frac{U_2}{U_1 + U_2 + U_3} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Dacă dorim să măsurăm raportul de divizare în acest caz, prin măsurarea tensiunilor și calculul raportului, vom întâmpina o problemă atunci când dorim măsurarea tensiunii U_2 folosind unele aparate de măsură. Se observă că tensiunea U_2 este reprezentată de diferența a două potențiale, care sunt ambele diferite de zero:

$$U_2 = V_B - V_C = U_B - U_3$$

Potențialele V_B , V_C sunt ambele diferite de zero. Tensiunea U_2 **nu este față de masă** ca pînă acum, ci tensiunea dintre 2 puncte oarecare (B și C), niciunul dintre ele nefiind masă.

Din acest punct de vedere, aparatele de măsură se împart în 2 categorii:

a) aparate cu conector numit BNC (fig 9a) în care una dintre borne, și anume cilindrul metalic exterior, este conectată intern la masă. Din această categorie face parte **osciloscopul**. Ele nu permit măsurarea **directă** decât a tensiunilor care sînt față de potențialul de referință (potențialul de zero volți sau potențialul de masă). Așadar, la un astfel de aparat, nu vom măsura direct U_2 , ci pe rînd U_B și U_3 (sau V_B și V_C), și vom face diferența.

b) aparate cu borne de conectare separate (fig. 9b), în care conectorul notat „comun” (COM) se leagă de obicei la potențialul mai mic (nu neapărat masa) și conectorul „V” la potențialul mai mare; se mai numesc aparate cu **intrare diferențială**. În exemplul nostru, COM= V_C , V= V_B , tensiunea măsurată = $V_B - V_C$. Majoritatea voltmetrelor de curent continuu au astfel de borne. Dacă se conectează bornele invers, aparatul va funcționa, dar va arăta o valoare negativă.



Fig. 9a conector BNC
Permite doar măsurarea față de masă



Fig. 9b borne separate de măsură
Permit orice fel de măsurare

4. Măsurarea rezistenței de intrare în osciloscop – aplicație a divizorului

Osciloscopul nu are impedanță de intrare infinită, ci o rezistență echivalentă de intrare R_i (de valoare mare). Pentru a măsura R_i , se introduce pe calea de semnal (între crocodilii roșii ai cablurilor conectate la generator și osciloscop) o rezistență adițională,

R_1 , de valoare mare (peste 400K Ω). Deoarece osciloscopul are o rezistență de intrare, R_i , care se manifestă între cele două borne ale tensiunii de intrare, rezultă că se va forma un divizor rezistiv (figura 10), care va divide tensiunea aplicată de la generator. Rezistența R_i este **echivalentă**, se află în „interiorul” osciloscopului, nu este un rezistor fizic existent la masă. Datorită divizării semnalului U_A de la generator pe R_1 și R_i , semnalul U_B citit pe osciloscop va fi:

$$\frac{U_B}{U_A} = \frac{R_i}{R_i + R_1} \Rightarrow U_B = U_A \frac{R_i}{R_i + R_1}$$

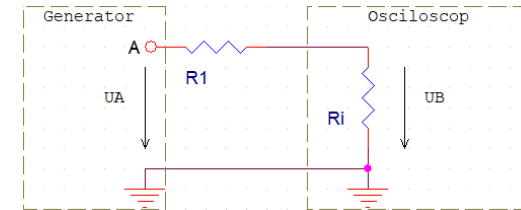


Figura 10: măsurarea R_i folosind un divizor rezistiv

Observație: situația „clasică” de conectare a osciloscopului la generator de pînă acum, fără R_1 intercalat (crocodilii roșii conectați între ei), era echivalentă cu o valoare $R_1=0$. În acest caz, raportul de divizare devine 1, deci se vede pe osciloscop exact aceeași tensiune ca cea aplicată de la generator.

Desfășurarea lucrării

1. Citirea codului culorilor și măsurarea rezistoarelor

Se citește valoarea **nominală** (cea marcată pe corp) a rezistențelor de valori diferite disponibile la masă (R_1 , R_2), folosind codul culorilor sau inscripționarea (după caz). Se citește și toleranța.

Se determină folosind ohmetrul multimetrului numeric (tasta Ω – vezi anexa C) valoarea **măsurată** a acestora (R_{1m} , R_{2m}).

Indicație: dacă sînt mai multe exemplare din aceeași valoare, măsurarea se va face pentru cîte un singur exemplar, la alegere.

Se calculează eroarea relativă a rezistențelor, în modul, exprimată în procente:

$$\varepsilon = \frac{|R_m - R|}{R} \cdot 100[\%]$$

Se compară dacă eroarea obținută este mai mică sau egală cu toleranța specificată prin marcare, în caz contrar, este probabil că s-a măsurat greșit. Nu atingeți cu mîna terminalele/parte metalică a crocodililor în timpul măsurătorii!

2. Studiul conexiunilor de pe placa de test

Pentru familiarizarea cu placa de test, se procedează astfel:

- cei 2 crocodili ai multimetrului numeric se conectează la 2 borne ale plăcii de test, ca în figura 11. Multimetrul se pune pe modul „continuitate” (folosind butonul 15 - Anexa C). Cele 2 fire deja conectate la șuruburi într-un capăt se folosesc pentru testele care urmează:
- se ating între ele firele. Multimetrul trebuie să emită un semnal sonor, indicând că rezistența între bornele de test e foarte mică (continuitate).

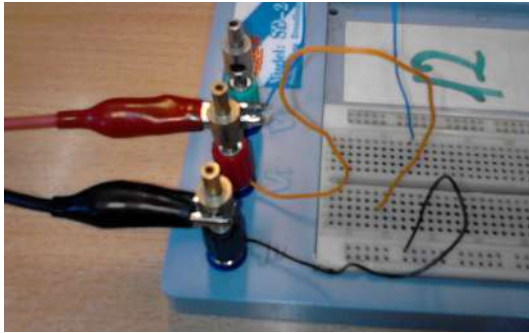


Figura 11: conectarea crocodililor la placa de test

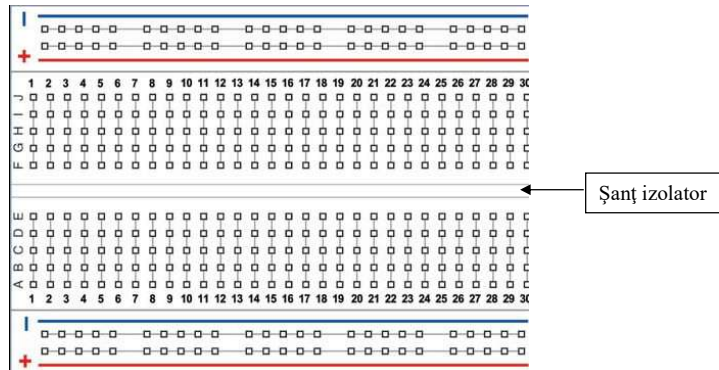


Figura 12: o linie care unește mai multe găuri semnifică interconectarea electrică a acestora

- se „explorează” modul în care sînt interconectate în interior găurile plăcii de test (verificînd corespondența cu figura 3): se introduc cele 2 fire, după dorință, în oricare 2 găuri, și pe baza semnalului sonor se verifică dacă există conexiune sau nu. Se vor încerca:
 - găuri dintr-un grup de 5 aflate în zona centrală a plăcii, pe una din părțile „șanțului izolator” care împarte placa în două, de exemplu A5 cu C5 pe figura 12 – trebuie să sune;

- găuri de-o parte și de alta a șanțului, de ex. A5 cu F5 – nu trebuie să sune;
- găuri care nu fac parte din același grup de 5 găuri, de exemplu A5 cu B6 – nu trebuie să sune;
- găuri din liniile orizontale de pe marginile de sus/jos ale plăcii – trebuie să sune, atîta vreme cît nu depășim jumătatea plăcii;
- găuri din jumătăți diferite ale plăcii, din aceeași linie orizontală – nu trebuie să sune (pe fig. 12 este desenată doar o parte din placă, pînă la coloana 30)
- găuri de pe 2 linii orizontale diferite, din cele 2 de sus și/sau cele 2 de jos – nu trebuie să sune.

În dreptul cărui număr al coloanei sînt întrerupte cele 2 șiruri orizontale lungi de sus și de jos?

3. Realizarea unor circuite date pe placa de test

Pentru fiecare din circuitele din figura 13:

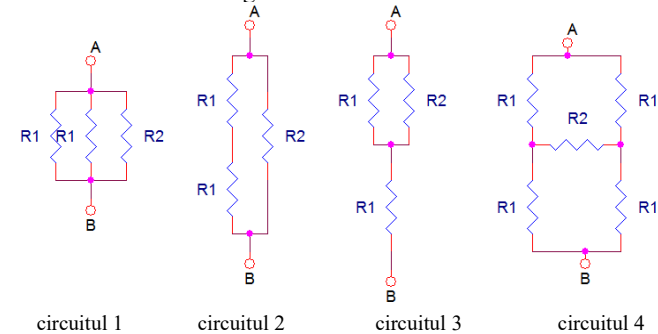


Figura 13: circuite de realizat pe placa de test

- calculați rezistența echivalentă între bornele A și B, în funcție de valoarea nominală (nu cea măsurată) a rezistențelor din schemă. Valorile nominale ale R_1 și R_2 sînt scrise pe tablă, în funcție de numărul echipei.

- realizați schema pe placa de test și desenați modul de realizare pe fișă (**OBS:** evident, modul de realizare nu e unic); se vor scrie valorile rezistențelor lângă acestea!

- măsurați rezistența între bornele A și B, folosind ohmetrul multimetrului numeric. Se vor păstra crocodilii multimetrului conectați la cele 2 borne cu șurub, iar firele respective se vor introduce în găurile corespunzătoare A și B pe schema realizată practic.

Indicație: nu se cere calculul erorii relative, dar, dacă valoarea măsurată diferă cu mai mult de cîteva procente de cea calculată, sigur este o greșeală fie la calcul, fie la realizarea circuitului;

4. Proiectarea și realizarea unor circuite rezistive pe placa de test

Se vor proiecta scheme formate din rezistoare astfel:

- pentru fiecare din valorile R_{AB} din tabelul 1 (valorile scrise pe tablă), proiectați o schemă folosind numai rezistențele de valori R_1, R_2 în funcție de numărul mesei (în mai multe exemplare; alegeți cîte și de ce valoare vă trebuie, pentru fiecare caz în parte, dar

nu mai mult de 5 rezistențe în total!) care să aibă rezistența echivalentă R_{AB} respectivă; desenați schema pe fișă.

- realizați schema pe placa de test, desenați modul de realizare pe fișă (inclusiv alegerea punctelor A și B și valorile rezistențelor).

- măsurați valoarea R_{AB} obținută, pentru a confirma corectitudinea calculului și a realizării schemei.

circuit	R_{AB} [K Ω]
1	
2	
3	

Tabelul 1

5. Realizarea și măsurarea divizoarelor rezistive

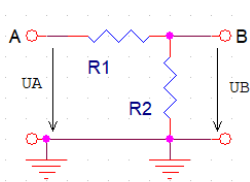


Figura 14a

Divizoare rezistive din 2/3 rezistențe

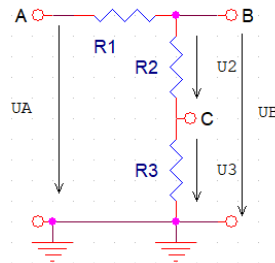


Figura 14b

a) măsurarea divizorului cu 2 rezistențe

- se calculează raportul de divizare $R_2/(R_1+R_2)$ pe baza valorilor R_1 , R_2 (în funcție de numărul mesei - aceleași ca la punctul precedent).

- se realizează divizorul din fig. 14a pe placa de test; se recomandă pentru conectarea la punctele notate A și B, folosirea firelor de la bornele cu șurub **V1**, **V2** și masă \equiv de pe placă (ca în figura 11), masa fiind comună, rezultând un montaj ca în fig. 15:

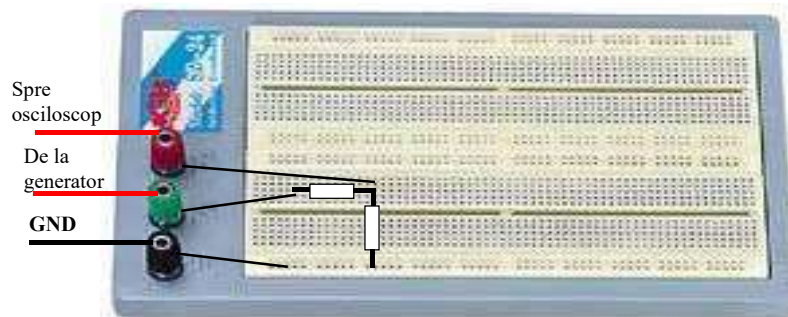


Figura 15 Realizarea divizorului și conectarea generatorului și osciloscopului

- crocodilii negri de la ambele aparate se leagă la șurubul bornei de masă \equiv . Nu uitați să legați firul de la această bornă la punctul de masă de pe schemă!
- crocodilul roșu de la generator la **V1** și de acolo la punctul A de pe schemă
- crocodilul roșu de la osciloscop la **V2**; *mutînd firul* legat la borna **V2** pe rînd între punctele A și B se poate vizualiza pe osciloscop tensiunea de la intrare, respectiv ieșire

Setați la generator forma de undă sinusoidală, $f=1\text{KHz}$, amplitudinea (valoarea de vîrf) de intrare $U_A=4\text{V}$, fără componentă continuă. Setați la osciloscop un coeficient C_y a.î. imaginea să ocupe tot ecranul pe verticală, iar C_x pentru a avea 5 perioade pe ecran.

- se măsoară U_A , U_B , se calculează raportul U_B / U_A și se compară cu $R_2/(R_1+R_2)$.

b) măsurarea divizorului cu 3 rezistențe

Pentru schema din figura 14b dorim să măsurăm raportul

$$\frac{U_2}{U_A} = \frac{U_2}{U_1 + U_2 + U_3} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Tensiunea U_2 **nu este față de masă** ca pînă acum, ci tensiunea dintre 2 puncte oarecare (B și C), niciunul dintre ele nefiind masă:

$$U_2 = U_B - U_C = U_B - U_3$$

Osciloscopul nu permite măsurarea **directă** decît a tensiunii între un terminal, la care se conectează crocodilul roșu, și masă (crocodilul negru). Așadar, nu vom măsura direct U_2 , ci U_B și U_C , și vom face diferența (măsurarea unei tensiuni între 2 puncte oarecare, niciunul de masă, se numește și **măsurare diferențială**).

Măsurarea diferențială cu osciloscopul se poate face prin 2 metode:

Metoda 1: măsurînd pe rînd cele două tensiuni separat (prin conectarea succesivă a cablului roșu de la sonda de măsură în cele două puncte ale montajului pentru a măsura tensiunile U_B și U_C) și apoi calculînd diferența între cele două

Metoda 2: vizualizînd cele două semnale din punctele B și C pe cele două canale ale osciloscopului și folosind operația de diferență din meniul **MATH (MATH MENU**→

Operation -).

Se realizează circuitul pe placa de test, folosind $R_2=R_3$. Se conectează generatorul ca pînă acum, între borna A și masă, lăsînd amplitudinea U_A de la generator și C_y neschimbat; se măsoară U_A și U_2 **prin una din metodele 1,2 (la alegere)**.

Detaliere - **Metoda 1** a măsurării separate a tensiunilor U_B și U_C :

1. se leagă canalul CH1 al osciloscopului la borna B folosind crocodilul roșu conectat la o bornă cu șurub ca în fig. 11 (crocodilul negru se leagă la masă, împreună cu generatorul) și se măsoară amplitudinea U_B ;
2. se mută firul conectat la CH1 din punctul B în punctul C și se măsoară amplitudinea U_C ;
3. se calculează $U_2 = U_B - U_C$;
4. se calculează raportul U_2 / U_A și se compară cu $R_2/(R_1+R_2+R_3)$;

Detaliere - **Metoda 2** pentru cazul folosirii **MATH MENU**:

1. se conectează cele două canale CH1 și CH2 ale osciloscopului la bornele B și C, respectiv (toți crocodilii negri la masă, împreună cu generatorul);
2. cei doi coeficienți verticali să fie egali: $C_{y2} = C_{y1}$; se setează afișarea semnalului diferență $CH1-CH2 = U_B - U_C = U_2$ pe osciloscop (folosind **MATH MENU** → **Operation -**). Poate fi necesară ajustarea reglajelor de poziție pe verticală a CH1, CH2 pentru a vizualiza această imagine în mod integral (să nu „iasă din ecran” anumite părți din imagine). Pentru o citire mai clară, puteți „stinge” imaginea CH1 și CH2, prin apăsări repetate ale butoanelor CH1, CH2, a.î. să rămână doar MATH afișat. Dacă imaginea se desincronizează, apăsați **SET TO 50%**. Semnalul diferență este afișat cu o săgeată marcată **M** (Math) în dreptul nivelului său de zero (la stînga), pentru identificare. Se măsoară amplitudinea acestui semnal.
3. Se calculează raportul U_2 / U_A și se compară cu $R_2 / (R_1 + R_2 + R_3)$;
4. se oprește afișarea **MATH MENU**.

6. Măsurarea rezistenței de intrare în osciloscop – aplicație a divizorului rezistiv

Pentru a măsura rezistența de intrare R_i se procedează în felul următor (fig. 10):
 - se alege din setul de rezistențe de la masă rezistența auxiliară R_1 de valoare mare (**peste 400KΩ**) și măsoară cu ohmetrul din multimetrul numeric valoarea acesteia. **Atenție: valorile de rezistență R_1 de la punctele 1, 2 nu se pot folosi, fiind mult prea mici față de rezistența de intrare. Divizorul nu se poate face cu valori care diferă cu ordine de mărime!**

- se conectează generatorul la CH1 de la osciloscop:

- amplitudinea U_A a generatorului la 4V
- frecvența $f=100\text{Hz}$

Setați C_y a.î. imaginea să ocupe tot ecranul, pe verticală.

- se introduce $R_1 > 400\text{KΩ}$ între crocodilii roșii ai cablurilor conectate la generator și osciloscop (figura 16), (inseriată între generator și osciloscop; crocodilii negri rămân conectați împreună) obținându-se schema echivalentă din figura 11. În acest moment osciloscopul „vede” tensiunea U_B , redusă față de tensiunea aplicată U_A datorită efectului divizorului.

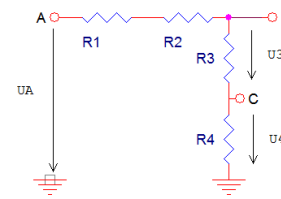


Figura 16: Conectarea rezistenței adiționale

- se măsoară U_B ca fiind amplitudinea tensiunii citite acum pe ecran.
- se calculează R_i din formula divizorului rezistiv:

$$\frac{U_B}{U_A} = \frac{R_i}{R_i + R_1} \Rightarrow U_B = U_A \frac{R_i}{R_i + R_1}$$

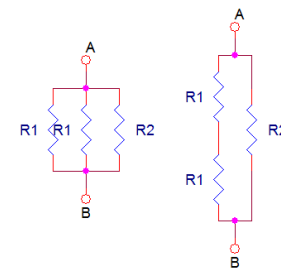
Întrebări pregătitoare pentru laborator



circuitul din figură, realizat pe o placă de test, să se calculeze rezistența dintre punctele A și B.

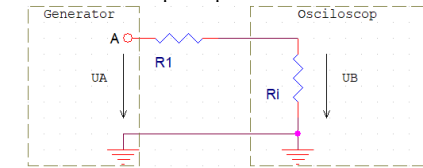
5. Se conectează terminalele unei rezistențe de valoare R la 2 găuri din același grup vertical de 5 găuri ale unei plăci de test. Ce valoare va avea rezistența, dacă se măsoară cu un ohmetru, în circuitul respectiv?

6. Ce fel de măsurătoare nu permite de obicei un aparat prevăzut cu borne de intrare cu mufe BNC?



7. Tensiunea între punctele A și B de pe figură este $U_{AB}=10\text{V}$. Cît este tensiunea pe R_1 în cele două cazuri?

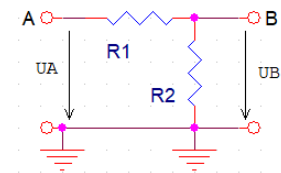
8. Definiți toleranța unei rezistențe (formula de calcul). Cum este marcată aceasta pe corpul unui rezistor?



9. Se face montajul (divizor) pentru determinarea rezistenței de intrare în osciloscop. a) Se folosește o rezistență $R_1=1000\text{KΩ}$. Amplitudinea măsurată pe ecran este jumătate din cea aplicată de la generator. Calculați R_i .

b) Se folosește o valoare $R_1=R_i/5$. Amplitudinea semnalului aplicat de la generator de 10V. Determinați valoarea amplitudinii afișate pe ecranul osciloscopului.

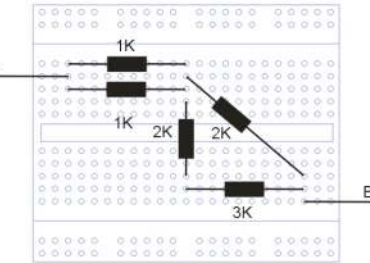
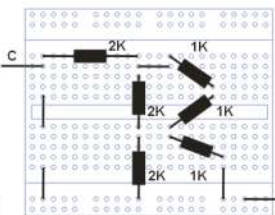
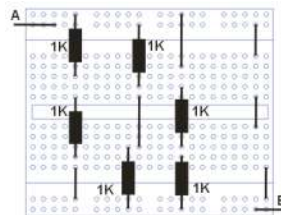
10. Explicați ce s-ar întâmpla dacă rezistența de intrare în osciloscop ar fi infinită; cît ar fi raportul între amplitudinea măsurată pe ecran și amplitudinea semnalului de la generator?



11. Se dispune de rezistențe de valoare $R_1=5\text{KΩ}$ și $R_2=2\text{KΩ}$. Proiectați și desenați o schemă formată din R_1 și R_2 (în orice cantitate doriți) care să aibă rezistența echivalentă: a) $R_{AB}=4.5\text{KΩ}$

b) $R_{AB}=11\text{KΩ}$. Desenați modul de conectare pe o placă de test.

12. Definiți funcția de transfer a unui diport. Cît este funcția de transfer a diportului format din R_1 și R_2 din figură?



13. Calculați rezistența echivalentă (AB, respectiv CD) a montajelor din figură. **Indicație:** $R_{AB}=\infty$, $R_{CD}=0$

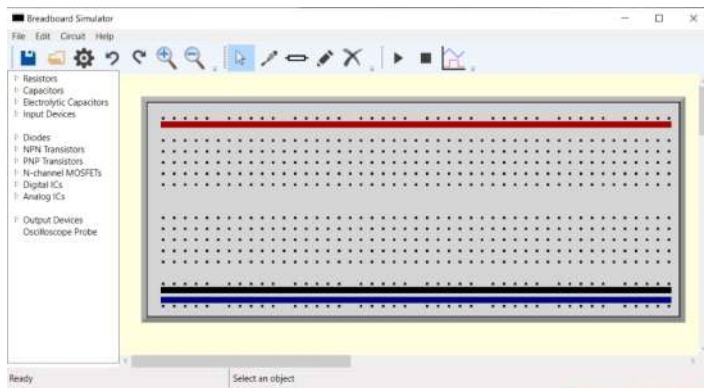
ANEXA - Aplicația Breadboard Simulator

Pentru familiarizarea cu placa de test în afara orelor de laborator se poate folosi aplicația **Breadboard Simulator**. Descărcați aplicația **Breadboard Simulator** din zona Files a clasei Teams a laboratorului sau de la adresa <https://ds0.me/csim/>. Pornirea aplicației se realizează rulând executabilul *BreadboardSim.exe*.

Atenție! *Breadboard Simulator nu funcționează corect dacă în Windows se setează separatorul zecimal virgulă și nu punct. Valorile indicate vor fi greșite cu ordine de mărime.*

Breadboard Simulator este o aplicație care permite simularea unei plăci de test de tipul celei disponibile în laborator. În ecranul principal este ilustrată placa de test, iar în partea stângă a interfeței sînt componentele disponibile.

Găurile figurate pe placa de test din simulator sunt interconectate după aceleași reguli după care sunt interconectate și găurile pe o placă de test normală (figura 2, figura 3).



Interfața aplicației Breadboard Simulator

În plus, rîndurile orizontale de pe marginile plăcuței (sus și jos) sînt folosite pentru a conecta sursele de alimentare. Linia roșie, orizontală de sus, semnifică faptul că rîndul de găuri din partea de sus sunt conectate la potențialul + al sursei de alimentare, care are valoarea de 5V. În partea de jos sunt două linii de găuri, una marcată cu negru, care reprezintă găurile unde se găsește potențialul de 0V (masă / Ground \oplus), și alta marcată cu albastru, care reprezintă găurile conectate la tensiunea negativă $-V_{CC} = -5V$ (care nu se va folosi).