

# Experimente

## Table of Contents

- 1. Concepte de baza
  - 1.1. Măsurarea tensiunii
  - 1.2. Măsurarea rezistenței
  - 1.3. Realizarea unui circuit simplu
  - 1.4. Măsurarea curentului
  - 1.5. Legea lui Ohm (experiment)
  - 1.6. Rezistența non-liniară
  - 1.7. Disiparea puterii
  - 1.8. Circuit cu întrerupator
  - 1.9. Realizarea unui electromagnet
  - 1.10. Inducția electromagnetică
- 2. Circuite de cc
  - 2.1. Conectarea bateriilor în serie
  - 2.2. Conectarea bateriilor în paralel
  - 2.3. Divizor de tensiune
  - 2.4. Divizor de curent
  - 2.5. Divizor de tensiune cu potențiomtru
  - 2.6. Potențiomtrul ca și reostat
  - 2.7. Termoelectricitate
  - 2.8. Circuit de mediere
  - 2.9. Baterie din cartof
  - 2.10. Încărcarea și descărcarea condensatorului
  - 2.11. Circuit de diferențiere
- 3. Circuite de ca
  - 3.1. Transformator – sursă de putere
  - 3.2. Construirea unui transformator
  - 3.3. Bobină variabilă
  - 3.4. Detector audio de semnale
  - 3.5. Detectarea câpurilor magnetice
  - 3.6. Detectarea câmpurilor electrice
  - 3.7. Circuit de detectare a defazajului

## 1 Concepte de baza

### 1.1 Măsurarea tensiunii

#### 1.1.1 Multimetrul analogic și digital

Multimetrul este un instrument electric cu ajutorul căruia se poate măsura tensiunea, curentul și rezistența. Multimetrele digitale dispun de afișaje digitale, precum ceasurile digitale, pentru indicarea acestor mărimi. Multimetrele analogice indică mărimile de mai sus prin intermediul unui ac indicator în lungul unei scale gradate.

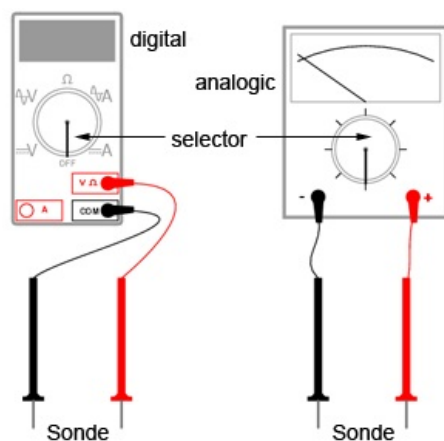


Figure 1: multimetru analogic și digital

Multimetrele analogice sunt de obicei mai ieftine decât variantele digitale. De asemenea, ele sunt mult mai utile pentru începători, ca și instrument de învățare. Dacă aveți posibilitatea, cumpărați un multimetru analogic înainte de a achiziționa unul digital. Până la urmă, ar fi bine să posedați ambele tipuri de aparate pentru realizarea acestor experimente.

#### 1.1.2 Scopul experimentului

În toate experimentele prezentate în această carte vom folosi un anumit echipament de test pentru determinarea unor aspecte ale

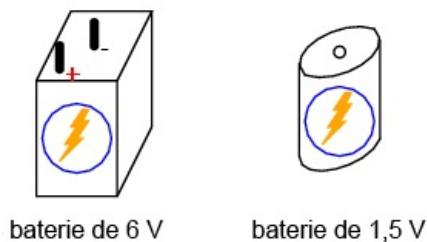
electricității ce nu le putem vedea, simți, auzi, gusta sau mirosi direct. Electricitatea, cel puțin în cantități mici, nu poate fi sesizată de corpul uman. Din acest motiv, cel mai important „ochi” din domeniul electricității și al electronicii pe care îl veți folosi va fi multimetrul. În acest experiment așadar, ne vom familiariza cu măsurarea tensiunii.

Multimetrul pe care l-ați achiziționat are mai mult ca sigur niște instrucțiuni de bază. Citiți-le cu atenție înainte de al utiliza! Dacă multimetrul este digital, va necesita o baterie pentru funcționare. Dacă este analogic, nu aveți nevoie de o baterie pentru funcționarea lui.

Unele multimetre digitale au o ajustare automată. Un astfel de instrument are doar câteva poziții pe care le putem selecta. Cele cu ajustare manuală au mai multe poziții pentru fiecare mărime de bază: câteva poziții pentru tensiune, câteva pentru curent și câteva pentru rezistență. Auto-ajustarea este domeniul aparatelor de măsură mai scumpe, fiind analoage mașinilor cu schimbător automat. Un astfel de aparat de măsură „schimbă vitezele” automat pentru indentificarea celui mai bun domeniu de măsură în cazul fiecărei măsurători.

### 1.1.3 Bateria electrică

Poziționați selectorul multimetrului vostru pe poziția de curent continuu (DC), pe cea mai mare valoare disponibilă. În această situație, multimetrul îndeplinește funcția de voltmetru. Aduceți sonda roșie în contact cu borna pozitivă (+) a bateriei, iar sonda neagră cu borna negativă (-). Aparatul de măsură ar trebui acum să vă indice o anumită valoare. Inversați contactele (poziția sondelor) între ele dacă indicația aparatului de măsură este negativă. În cazul unui multimetru analogic, o valoare negativă este observată prin deplasarea acului indicator în stânga, și nu în dreapta.



Dacă aveți un multimetru manual, iar selectorul a fost pus pe cea mai mare valoare, indicația acestuia va fi slabă. Deplasați selectorul la următorul nivel inferior, și reconectați bateria. Indicația ar trebui să fie mai puternică acum. Pentru obținerea celor mai bune rezultate, mutați selectorul pe valoarea cea mai mică, dar astfel încât să nu depășiți scara de măsură a aparatului. Un multimetru digital va indica o astfel de „abatere” prin notația „OL” sau o serie de linii întrerupte, în funcție de model. Măsurați mai multe tipuri de baterii pentru a vă obișnui cu selectarea pozițiilor optime.

Ce se întâmplă dacă atingeți doar o sondă la un singur capăt al bateriei? Cum ar trebui să conectăm aparatul de măsură la bornele bateriei pentru a obține o indicație? Ce ne spune acest lucru despre utilizarea voltmetrului și despre natura tensiunii? Există tensiune într-un singur punct?

### 1.1.4 Măsurarea căderii de tensiune produsă de un LED

Luați din nou multimetrul, și poziționați selectorul pe cea mai mică valoare (DC). Atingeți cu cele două sonde terminalii unui LED. Un LED, este un dispozitiv proiectat astfel încât să producă lumină la trecerea unui curent foarte mic prin el. Dar LED-urile pot și să genereze o tensiune de curent continuu când sunt expuse la lumină, asemănător unei celule solare. Îndreptați LED-ul spre o sursă puternică de lumină, cu multimetrul conectat la bornele acestuia. Observați indicația aparatului de măsură:

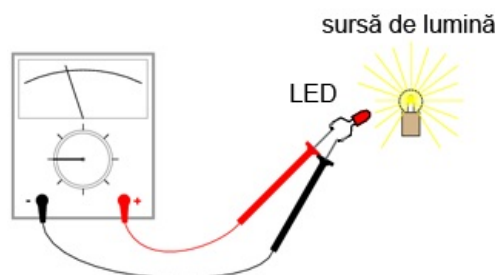


Figure 3: multimetru și LED

Bateriile generează tensiune electrică prin intermediul reacțiilor chimice. Când o baterie „moare”, acest lucru înseamnă de fapt că resursele sale chimice s-au terminat. Un LED, pe de altă parte, nu se bazează pe o formă de energie internă pentru generarea tensiunii electrice. Acesta transformă energia optică în energie electrică. Atât timp cât va exista o sursă de lumină înțreptată asupra acestuia, LED-ul va produce tensiune.

### 1.1.5 Generatorul electric

O altă sursă potențială de tensiune electrică prin transformarea energiei este generatorul. Luați un motor mic de curent continuu. Acesta se găsește de obicei în jucării sau alte dispozitive electrice de mici dimensiuni, de unde îl puteți „împrumuta”, sau îl puteți cumpăra ca atare. Orice motor funcționează ca și generator dacă învârtim axul acestuia.

Conectați voltmetrul vostru la bornele motorului, la fel ca în cazul LED-ului sau al bateriei. Învârțiți axul motorului cu mână. Aparatul de măsură ar trebui să indice o cădere de tensiune. Dacă nu puteți ține ambele sonde pe bornele bateriei, puteți folosi terminali tip crocodil, astfel:

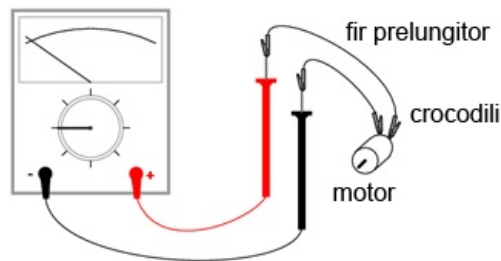


Figure 4: multimetru și motor electric

Puteți determina relația dintre tensiune și viteza de rotație a axului? Ce se întâmplă cu indicația voltmetrului dacă măriți viteza acestuia? Inversați apoi direcția de rotație. Rezultatul este schimbarea polarității căderii de tensiune create de generator. Voltmetrul indică polaritatea prin intermediul direcției acului indicator (stânga sau dreapta, aparat analog) sau prin semn (plus sau minus, aparat digital).

Când sonda roșie este pozitivă (+) iar cea neagră negativă (-), voltmetrul va indica „direcția” normală a căderii de tensiune. Dacă polaritatea tensiunii aplicate este inversă (negativ pe sonda roșie și pozitiv pe cea neagră), indicația aparatului de măsură va fi „inversă”.

## 1.2 Măsurarea rezistenței

### 1.2.1 Scopul experimentului

Experimentul următor descrie modul în care putem măsura rezistența unor obiecte. Nu trebuie neapărat să aveți toate obiectele descrise mai jos pentru a învăța efectiv despre rezistență. De asemenea, puteți încerca și cu alte obiecte. Totuși, nu măsurați *niciodată* rezistența unui obiect sau circuit alimentat (aflat în funcționare). Cu alte cuvinte, *nu* încercați să măsurați rezistența unei baterii sau a oricărei surse substanțiale de tensiune folosind un multimetru setat pe funcția „rezistență” ( $\Omega$ ). Neluarea în considerare a acestei atenționări va duce cel mai posibil la distrugerea aparatului de măsură și eventual la rănirea personală.

### 1.2.2 Exemplificare conceptului de puncte electric comune

Setați multimetrul pe funcția „ $\Omega$ ”, pe cea mai mare valoare disponibilă. În această situație, multimetrul îndeplinește funcția de ohmmetru. Atingeți cele două sonde (neagră și roșie) una de celalaltă. În acest caz, ohmmetrul ar trebui să indice o rezistență de 0  $\Omega$ . Dacă folosiți în schimb un multimetru analogic, veți observa o deplasare maximă a acului indicator în partea dreaptă. Multimetrul poate fi folosit și pentru detectarea stării de continuitate a circuitului, nu doar pentru măsurarea efectivă a valorilor rezistive. Putem testa, de exemplu, continuitatea unui fir electric prin conectarea celor două sonde la capetele acestuia. Ce se întâmplă cu indicația aparatului de măsură în acest caz? Ce putem spune despre un astfel de conductor electric dacă acul indicator al ohmmetrului nu s-ar deplasa deloc?

De menționat, că multimetrele digitale, setate pe ohmmetru, indică lipsa continuității electrice dintr-un conductor sau component printr-un afișaj non-numeric. Unele model afișează „OL” (din engleză, Open Loop - circuit deschis), iar altele o serie de linii întrerupte.

Folosiți multimetrul vostru pentru a determina continuitatea unei plăci electronice de test: un dispozitiv utilizat pentru construirea temporară a circuitelor. Folosiți conductori subțiri de cupru, inserați în locurile libere de pe placă, pentru a putea conecta sondele aparatului de măsură la placă. Testați continuitatea lor.

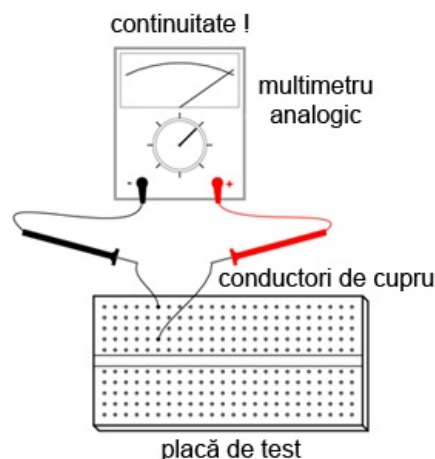


Figure 5: măsurarea continuității unei plăci electronice de test

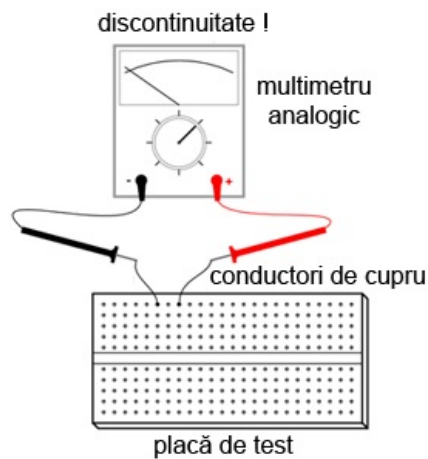


Figure 6: măsurarea continuității unei plăci electronice de test

Un concept foarte important în teoria electricității, strâns legat de cel al continuității, este cel al punctelor comune din punct de vedere electric. Punctele electrice comune, sunt puncte de contact dintr-un circuit sau dispozitiv, ce posedă o rezistență electric neglijabilă (extrem de mică) între ele.

Putem spune, prin urmare, conform experimentului de mai sus, că punctele verticale de o placă de test sunt comune din punct de vedere electric. Acest lucru se datorează faptului că există continuitate electrică între ele. Asemănător, punctele orizontale nu sunt electric comune, deoarece nu există continuitate electrică între ele.

Acest concept, de puncte comune, este foarte important de stăpânit. Motivul constă în faptul că există câteva aspecte legate de tensiune ce au legătură directă cu acest concept, și sunt foarte importante pentru analiza circuitelor și depanarea lor. De exemplu, între două puncte electric comune, nu va exista niciodată o cădere de tensiune (substanțială).

### 1.2.3 Măsurarea unui rezistor

Alegeți, de exemplu, un rezistor de 10 k $\Omega$  dintr trusa voastră. Valoarea rezistenței este indicată printr-o serie de bezi colorate: maro, negru, portocaliu și încă o culoare reprezentând precizia rezistorului: auriu (+/- 5%) sau argintiu (+/- 10%). Se consideră că rezistorii fără culoare de precizie au de fapt o precizie de +/- 20%. Alți rezistori pot avea cinci bezi colorate pentru indicarea valorii și a preciziei. În acest caz, culorile pentru un rezistor de 10 k $\Omega$  (10.000  $\Omega$ ) vor fi: maro, negru, negru, roșu și o culoare de precizie. Conectați sondele aparatului de măsură la terminalii (bornele) rezistorului conform figurii de mai jos, și observați afișajul aparatului:

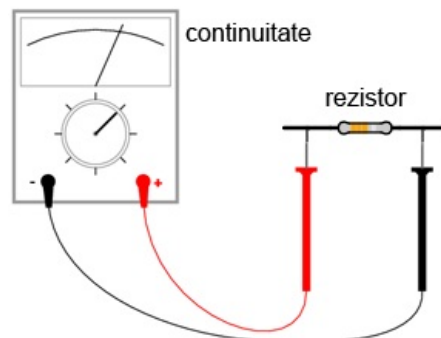


Figure 7: măsurarea unui rezistor

Dacă acul indicator se află foarte aproape de valoare de zero, va trebui să alegeți o altă scară de măsură (mai mică), la fel ca în cazul măsurării unei tensiuni.

Dacă folosiți un multimetru digital, ar trebui să vedeți o cifră foarte aproape de 10 pe afișaj, și un semn „k” mic în partea dreaptă. Acesta semnifică prefixul „kilo”, sau 1.000. Asemănător, încercați diferite scări de măsură prin intermediul selectorului, pentru a vedea care dintre ele oferă cea mai bună indicație.

Inversați acum sondele ohmmetrului între ele. Se modifică în acest caz indicația aparatului de măsură în vreun fel? Ce ne spune acest lucru despre rezistența unui rezistor? Ce se întâmplă dacă conectăm doar o singură sondă la unul dintre terminalii rezistorului? Ce ne spune acest lucru despre natura rezistenței și despre felul în care este ea măsurată? Cum se compară aceste rezultate cu rezultatele obținute la măsurarea tensiunii?

În timp ce realizați măsurătoarea propriu-zisă, încercați să nu atingeți ambele sonde cu degetele. Dacă faceți acest lucru, veți măsura în realitate combinația paralelă dintre rezistor și corp. Acest lucru determină o indicație mai mică a ohmmetrului decât ar trebui în mod normal. Pentru măsurarea unei rezistențe de 10 k $\Omega$ , eroarea va fi minimă, dar s-ar putea să fie mult mai mare dacă măsurăm alți rezistori. Încercați acest lucru dacă dispuneți de mai mulți rezistori, de mărimi și precizii diferite.

### 1.2.4 Măsurarea rezistenței corpului

Puteți măsura în siguranța rezistența propriului vostru corp. Țineți vârful uneia dintre sonde între degetele de la mână, iar sonda cealaltă cu degetele de la cealaltă mână. Țineți vârful sondelor în lungime, și nu le prindeți exact de vârf. Observați indicația ohmmetrului. Corpul are de obicei o rezistență mai mare de 10.000 de ohmi între cele două mâini. Ar trebui să obțineți o valoare aproximativ egală cu aceasta.

Umeziți-vă degetele cu apă, și remăsurați rezistența corpului cu ohmmetrul. Ce impact are acest lucru asupra indicației aparatului. Umeziți-vă apoi degetele în apa sărată și remăsurați rezistența. Ce impact are acest lucru asupra rezistenței corpului vostru?

Rezistența electrică este frecarea întâmpinată de electroni pe măsură ce aceștia se deplasează printr-un obiect. Cu cât rezistența dintre două puncte este mai mare, cu atât deplasarea electronilor între acele două puncte este mai dificilă. Cunoscând faptul că electrocutarea este cauzată de o deplasare importantă de electroni prin corpului victimei, o creștere a rezistenței corpului este o măsură excelentă de prevenire a accidentelor neplăcute.

### 1.2.5 Măsurarea rezistenței diodei

Măsurați rezistența unei diode cu un ohmmetru. Încercați să inversați modul de conectare al sondelor pe terminalii diodei și remăsurați rezistența. Care este diferența dintre diodă și rezistența din acest punct de vedere?

### 1.2.6 Măsurarea rezistenței grafitului

Luați o foaie de hârtie și trasați o linie groasă cu un creion (nu cu pix!). Măsurați rezistența liniei cu ajutorul ohmmetrului, poziționând sondele la capătului liniei astfel:

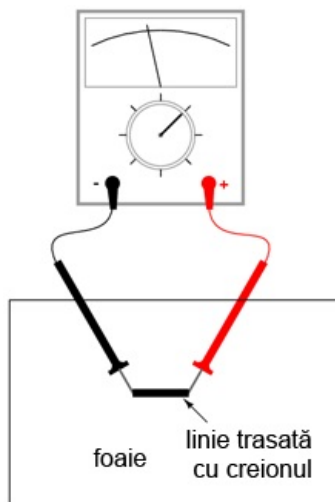


Figure 8: măsurarea rezistenței grafitului

Aduceți vârful sondelor mai aproape una de cealaltă, dar menținând contactul cu linia. Ce se întâmplă cu rezistența în acest caz, crește sau scade? Dacă rezultatele sunt incompatibile, va trebui să retrasați linia, astfel încât densitatea ei să fie consistentă. Ce vă spune acest lucru despre legătura dintre rezistență și lungimea unui material conductor?

### 1.2.7 Măsurarea rezistenței unei celule fotovoltaice

Conectați sondele aparatului de măsură la bornele unei celule fotovoltaice. Măsurați variația rezistenței datorată diferitelor expuneri la lumină. Asemănător experimentului cu LED, este indicat să folosiți conductori cu crocodili pentru realizarea conexiunii componentului. În acest fel, puteți ține celula fotovoltaică în apropierea unei surse de lumină și schimba în același timp scara aparatului:

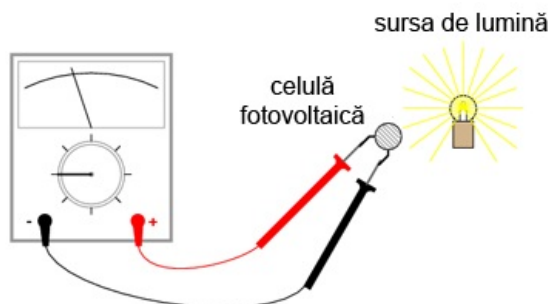


Figure 9: măsurarea rezistenței unei celule fotovoltaice

Experimentați cu măsurarea rezistenței diferitelor tipuri de materiale. Aveți însă grijă să nu folosiți ohmmetrul pe un component aflat sub tensiune, precum o baterie, de exemplu. Puteți măsura rezistența următoarelor materiale, de exemplu: plastic, lemn, metal, apă curată, apă murdară, apă sărată, sticlă, diamant (de pe un inel), hârtie, cauciuc și hârtie.

## 1.3 Realizarea unui circuit simplu

### 1.3.1 Scopul experimentului

În cele ce urmează vom realiza un circuit simplu, format dintr-un bec și o baterie, precum cel prezentat în figura de mai jos:



Figure 10: circuit electric rezitiv simplu

Practic, circuitul nostru va arăta astfel:



Figure 11: circuit electric rezitiv simplu

Acesta reprezintă de fapt cel mai simplu circuit pe care îl vom studia în întreg volumul: o baterie și un bec. Conectați becul la baterie, conform figurii de mai sus. Acesta ar trebui să se aprindă în cazul în care ambele se află în stare de funcționare, iar tensiunea bateriei este suficientă pentru a-l aprinde.

În cazul în care există o discontinuitate (circuit deschis), indiferent în ce parte a circuitului, becul nu se va aprinde. *Nu* contează locul apariției unei astfel de discontinuități. Experimentați cu scenariile prezentate mai jos ca să vă convingeți de acest lucru:

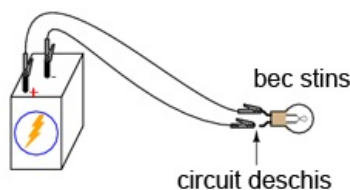


Figure 12: discontinuitatea unui circuit electric

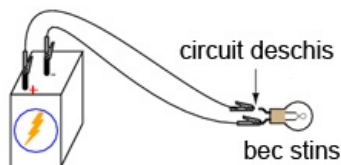


Figure 13: discontinuitatea unui circuit electric

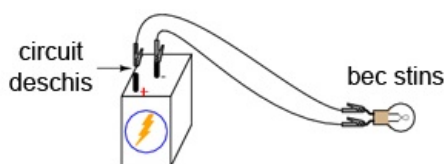


Figure 14: discontinuitatea unui circuit electric

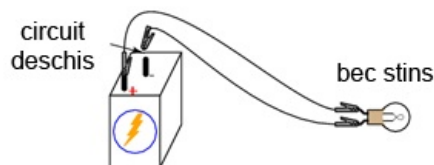


Figure 15: discontinuitatea unui circuit electric

### 1.3.2 Desfășurarea experimentului

Folosind multimetrul setat pe poziția DC, măsurați căderea de tensiune la bornele bateriei, la bornele becului și la capetele firului de scurt-circuit. Familiarizați-vă cu valorile normale ale tensiunii într-un circuit aflat în funcționare.

Acum, întrerupeți circuitul și remăsurați tensiunea între aceleași seturi de puncte. Opțional, măsurați tensiunea în locul întreruperii circuitului, astfel:

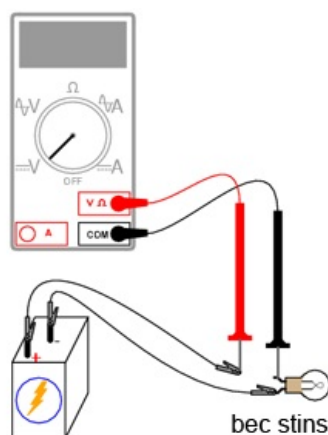


Figure 16: discontinuitatea unui circuit electric

Ce tensiuni sunt similare tensiunilor de dinainte? Ce tensiuni sunt diferite după introducerea întreruperii? Ce cantitate de tensiune se regăsește la locul întreruperii? Care este polaritatea căderii de tensiune de la locul întreruperii, indicată de aparatul de măsură? Refaceți circuitul prin reconectarea bateriei la bec, și întrerupeți circuitul în alt loc. Măsurați din nou căderile de tensiune.

Familiarizați-vă cu valorile tensiunilor într-un circuit deschis.

Realizați același circuit pe o placă de test. Aveți grijă să introduceți becul și firele pe placă astfel încât să existe contact între ele (continuitatea circuitului). Exemplul de mai jos este doar un exemplu, și nu reprezintă singura modalitate de realizare a unui circuit pe placă:

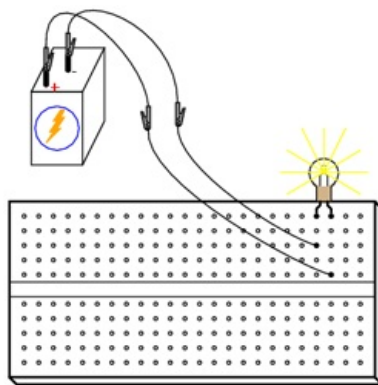


Figure 17: circuit electric pe o placă de test

Experimentați cu diferite configurații ale circuitului pe placa de test. Dacă întâmpinați o situație în care becul nu se aprinde, iar firele conductoare se încălzesc, aveți probabil de a face cu un scurt-circuit. Cu alte cuvinte, există un drum cu o rezistență mai mică decât a becului. Curentul va „prefera” acest drum în detrimentul becului. Să vedem un astfel de exemplu:

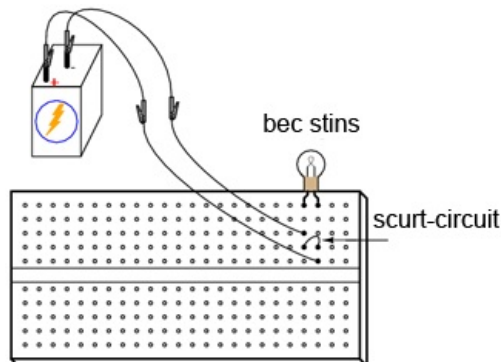


Figure 18: circuit electric pe o placă de test; scurt-circuit

Și un exemplu tipic de scurt-circuit *accidental* realizat de obicei de cei care nu sunt familiarizați încă cu folosirea plăcii de test:

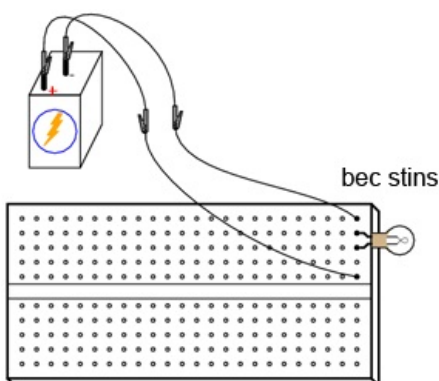


Figure 19: circuit electric pe o placă de test; scurt-circuit

Vă dați seama de unde rezultă scurt-circuitul? Astfel de scenarii trebuie însă evitate cu orice preț, întrucât scurt-circuitele pot duce la distrugeri materiale și vătămări corporale.

Puteți de asemenea realiza circuitul de mai sus folosindu-vă de o regletă de borne:

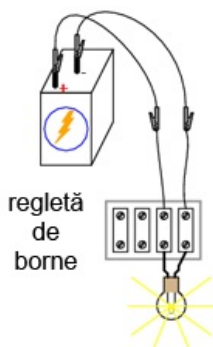


Figure 20: circuit electric pe o regletă de borne

## 1.4 Măsurarea curentului

### 1.4.1 Scopul experimentului

Următorul experiment are ca principal scop realizarea și înțelegerea circuitului de mai jos:



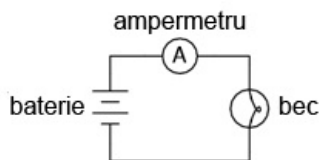


Figure 21: circuit electric simplu

Practic, circuitul de mai sus arată astfel:

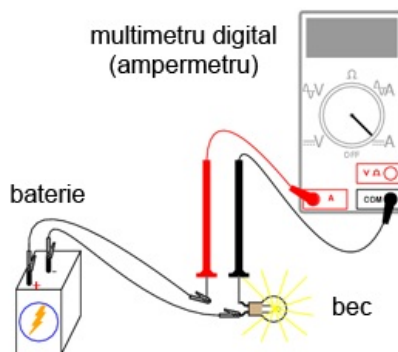


Figure 22: circuit electric simplu

#### 1.4.2 Atenție la scurt-circuitarea accidentală a ampermetrului

Cea mai utilizată metodă de măsurare a curentului constă în întreruperea circuitului și introducerea unui ampermetru în serie cu circuitul. În acest fel toți electronii ce trec prin circuit, vor trebui să treacă și prin ampermetru. Deoarece măsurarea curentului în acest fel necesită introducerea aparatului de măsură în circuit, acest tip de măsurătoare este mai dificilă decât măsurarea tensiunii sau a rezistenței.

Unele multimetre digitale, precum cel din figură, sunt prevăzute cu un conector separat pentru măsurarea curentului. Introduceți sonda roșie în acest conector, marcat cu „A”.

În mod ideal, la bornele unui ampermetrului introdus în serie într-un circuit, nu va exista cădere de tensiune. Cu alte cuvinte, acesta se comportă precum un fir conductor, prezentând o rezistență foarte mică de la un capăt la celălalt. Prin urmare, un ampermetru se va comporta precum un scurt-circuit dacă este conectat în paralel cu o sursă substanțială de tensiune. Nu încercați totuși să faceți acest lucru. Curentul foarte mare rezultat poate duce la distrugerea aparatului:

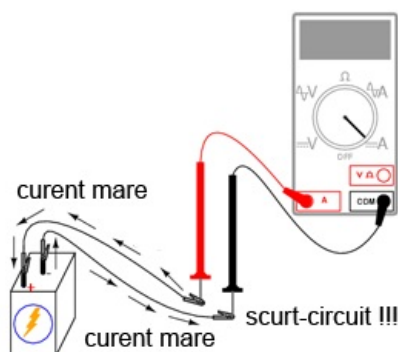


Figure 23: scurt-circuitarea ampermetrului

Ampermetrele sunt de obicei protejate împotriva unor astfel de scenarii prin intermediul unei siguranțe fuzibile localizate în interiorul carcasei. Încercați însă să evitați astfel de scenarii.

Puteți verifica starea siguranței fuzibile interne a multimetrului trecând pe „ $\Omega$ ” (măsurare rezistențe), și măsurând continuitatea între cele două sonde (și prin siguranța fuzibilă), astfel:

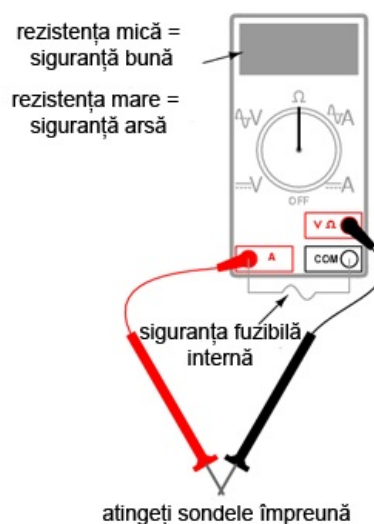


Figure 24: circuit electric simplu



### 1.4.3 Desfășurarea experimentului

Realizați circuitul de mai sus constând dintr-o baterie și un bec folosindu-vă de fire conductoare adiționale. Utilizați aceste fire pentru conectarea becului la baterie. Verificați dacă becul se aprinde înainte de a conecta și ampermetrul în circuit. Întrerupeți apoi circuitul într-un anumit punct, și conectați ampermetrul între cele două puncte rămase libere după deschiderea curentului. Măsurați valoarea curentului.

Ca de obicei, dacă aparatul de măsură pe care îl folosiți este manual, selectați la început valoarea cea mai mare a scalei. Mutați selectorul pe poziții mai joase până când obțineți cea mai precisă măsurătoare, având grijă să nu depășiți scare. Dacă indicația este „inversă” (acul indicator deplasat în stânga, sau o valoare negativă pe afișaj), inversați sondele între ele și încercați din nou. Când ampermetrul indică o citire normală (nu inversă), electronii intră prin sonda neagră și ies prin sonda roșie. Acesta este modul de determinare al direcției curentului folosind un aparat de măsură.

Pentru o baterie de 6 V și un bec mic, curentul prin circuit este de ordinul miliamperilor (mA). Multimetrele digitale arată de obicei acest lucru printr-un mic „m” în partea dreaptă a afișajului.

Încercați să întrerupeți circuitul în alt punct, și conectați ampermetrul între acele puncte. Ce puteți spune despre valoarea curentului? De ce credeți că se întâmplă acest lucru?

Refaceți circuitul pe o placă de test, astfel:

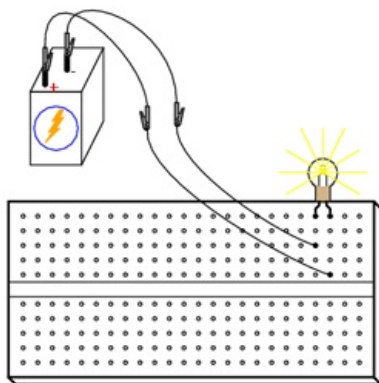


Figure 25: circuit electric pe placa de test

Este foarte posibil ca în acest moment să nu vă dați seama cum ați putea conecta un ampermetru la o placă de test. Cum putem conecta ampermetrul pentru a măsura întreaga cantitate de curent și a nu crea un scurt-circuit. Realizați circuitul de mai jos:

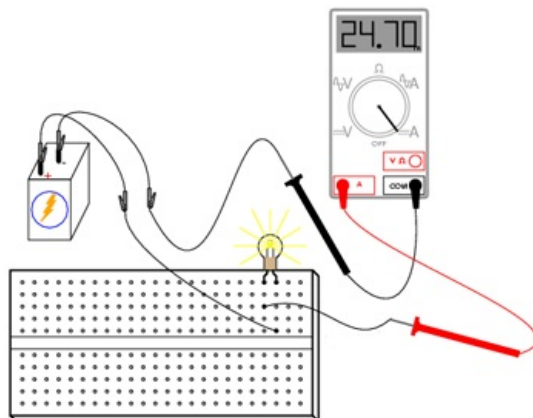


Figure 26: circuit electric pe placa de test

Din nou, măsurați valoarea curentului prin diferite fire ale acestui circuit. Urmăți aceleași metode precum cele de mai sus. Ce observați în legătură cu aceste măsurători? Rezultatele măsurătorilor realizate pe placa de test ar trebui să fie identice cu rezultate obținute fără placa de test, din exemplul precedent.

Dacă ar fi să construim circuitul de mai sus pe o regletă de borne, rezultatul ar fi similar:

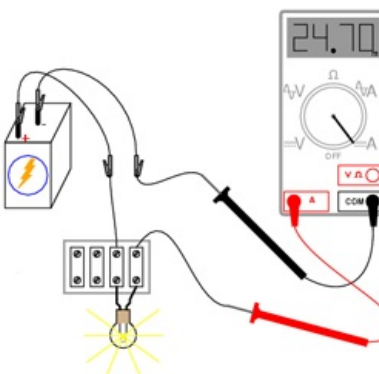


Figure 27: circuit electric pe regleta de borne

## 1.5 Legea lui Ohm (experiment)

### 1.5.1 Scopul experimentului

În acest experiment vom încerca să ilustrăm „funcționarea” legii lui Ohm, construind circuitul de mai jos:

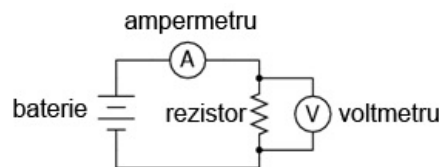


Figure 28: circuit electric simplu

Practic, circuitul va arăta astfel:

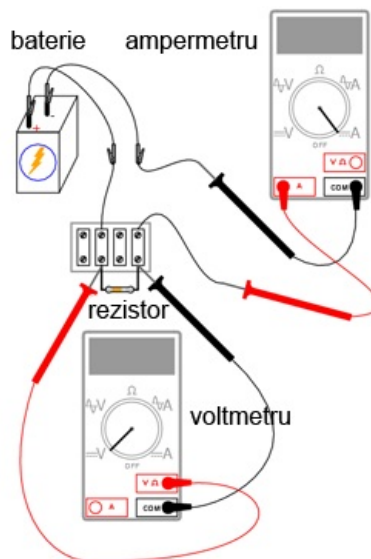


Figure 29: circuit electric simplu

### 1.5.2 Desfășurarea experimentului

Alegeți un rezistor din trusa voastră. Măsurați rezistența lui cu ajutorul multimetrului. Notați-vă rezultatul pentru a-l putea folosi pe viitor.

Construiți un circuit format dintr-o baterie și un rezistor. În figură, circuitul este realizat cu ajutorul unei reglete de borne, dar orice mijloc de realizare a circuitului este la fel de bun. Setați multimetrul pe scala de tensiune apropiată și măsurați căderea de tensiune la bornele rezistorului în timp ce este alimentat de la baterie. Notați-vă acest rezultat pentru a-l putea folosi mai departe, alături de valoarea rezistenței de mai sus.

Poziționați selectorul multimetrului pe cea mai mare scară de curent disponibilă. Deschideți circuitul și conectați ampermetrul între cele două puncte libere. Ampermetrul va fi acum în serie cu bateria și rezistorul. Selectați cea mai bună scară de tensiune: cea care dă cea mai precisă indicație a curentului, fără a depăși scala. Notăți și această valoare a curentului alături de valoarea rezistenței și a tensiunii.

Luați valorile pentru tensiune și rezistența măsurate mai sus și aplicați legea lui Ohm pentru a determina valoarea curentului din circuit. Comparați valoarea astfel calculată cu valoarea măsurată cu ajutorul multimetrului:

$$I = E / R$$

unde,  $E$  = tensiunea în volți  $I$  = curentul în amperi  $R$  = rezistența în ohmi

Asemănător, luați valorile măsurate pentru tensiune și curent și aplicați legea lui Ohm pentru calcularea rezistenței circuitului.

Comparați valoarea obținută cu cea măsurată cu ajutorul multimetrului:

$$R = E / I$$

Și, în sfârșit, luați valorile măsurate mai sus pentru rezistența și curent și aplicați legea lui Ohm pentru calcularea tensiunii circuitului. Comparați valoarea calculată cu cea măsurată:

$$E = IR$$

Rezultatele obținute prin măsurări și prin calcul ar trebui să fie foarte apropiate, pentru toate cele trei situații. Orice diferență între respectivele valori ale tensiunii, curentului sau rezistenței se datorează mai mult ca sigur erorilor aparatului de măsură. Totuși, aceste diferențe ar trebui să fie mici, cel mult câteva procente. Desigur, unele aparate de măsură sunt mai precise decât altele. Înlocuiți rezistorul din circuit cu alți rezistori de mărimi diferite. Refaceți măsurătorile de rezistență, tensiune și curent. Refaceți apoi calculele pentru aceste mărimi (cei trei pași de mai sus). Observați relația matematică simplă dintre variația rezistenței și variația curentului din circuit. Tensiunea ar trebui însă să rămână aproximativ egală pentru oricare din rezistorii introduși în circuit, deoarece acesta este rolul unei baterii: să mențină o cădere de tensiune constantă între bornele sale.

## 1.6 Rezistența non-liniară

### 1.6.1 Scopul experimentului

Vom încerca în cele ce urmează să arătăm că, în unele cazuri, valoarea rezistenței nu este constantă. Pentru soluționarea „misterului” variației rezistenței, vom face apel la „metoda științifică”. Pe parcurs, vom realiza circuitul de mai jos:

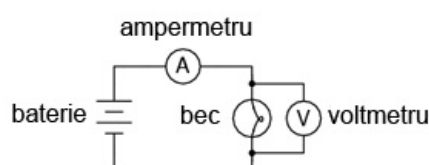


Figure 30: circuit electric simplu

Practic, circuitul de mai sus va arăta astfel:

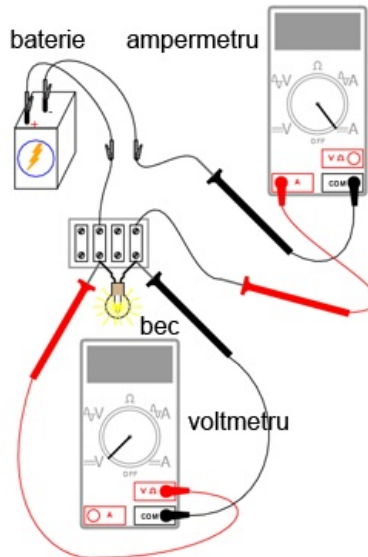


Figure 31: circuit electric simplu

### 1.6.2 Desfășurarea experimentului

Măsurati rezistența becului cu ajutorul multimetrului. Valoarea acestei rezistențe se datorează filamentului subțire din interiorul becului. Rezistența acestuia este semnificativ mai mare decât rezistența unui conductor normal, dar mai mică decât a oricărui rezistor din experimentele precedente. Notați-vă această valoare a rezistenței pentru utilizarea ei ulterioară. Construiți un circuit format dintr-o baterie și un bec. Selectați o scară de tensiune apropiată și măsurați căderea de tensiune la bornele becului când acesta este alimentat (aprins). Notați-vă și această valoare, lângă cea a rezistenței. Setati-vă multimetrul pe cea mai mare scară de curent disponibilă. Deschideți circuitul și conectați ampermetrul între capetele libere ale circuitului deschis. Ampermetrul este acum parte din circuit, fiind legat în serie cu bateria și becul. Selectați cea mai bună scară de curent. Notați-vă și această valoare a curentului alături de celelalte două valori de mai sus. Luați valorile tensiunii și rezistenței obținute la măsurătorile de mai sus și aplicați legea lui Ohm pentru calcularea curentului din circuit. Comparați această valoare calculată cu valoarea măsurată a curentului din circuit:

$$I = E / R$$

Ceea ce ar trebui să observați este existența unei diferențe între curentul măsurat și cel calculat. Valoarea calculată este mult mai mare. De ce se întâmplă acest lucru?

Pentru a face lucrurile și mai interesante, încercați să măsurați din nou rezistența becului, folosind de această dată un alt model de multimetru (dacă dispuneți de unul, desigur). Va trebui să scoateți becul din circuit pentru a putea face o astfel de măsurătoare, deoarece tensiunile existente în exteriorul aparatului de măsură afectează valorile măsurate ale rezistenței. Aceasta este o regulă generală pe care va trebui să o țineți minte: măsurați rezistența doar după ce componentul respectiv nu mai este alimentat cu energie electrică!

Folosind un ohmmetru diferit, valoarea rezistenței becului va fi probabil diferită. Acest comportament este foarte diferit de cel al rezistorilor din ultimul experiment. De ce se întâmplă acest lucru? Ce anume ar putea influența rezistența filamentului lămpii, și care e diferența dintre cele două condiții, aprind și stins? De asemenea, care e diferența între măsurătorile efectuate cu diferite tipuri de aparate de măsură? De ce se întâmplă acest lucru?

Problema de mai sus este un foarte bun exemplu de aplicare a metodei științifice. Dacă ați găsit un posibil răspuns pentru variația rezistenței becului între cele două condiții, aprins și stins, încercați să reproduceți această scenariu respectiv prin alte mijloace. De exemplu, ați putea presupune că rezistența becului variază datorită expunerii la lumină (propria ei lumină, când becul este aprins). Această variație ar putea prin urmare explica variația dintre curenții mășurați și cei calculați. Dacă acesta este cazul, încercați să expuneți becul la o sursă de lumină externă. Măsurați apoi rezistența acestuia. Dacă observați o diferență substanțială a rezistenței între cele două scenarii, atunci ipoteza voastră s-ar putea să fie adevărată, deoarece ați demonstrat-o experimental. În caz contrar, ipoteza voastră s-a dovedit falsă. Acest lucru înseamnă că există o altă cauză pentru variația rezistenței. Care este aceasta?

## 1.7 Disiparea puterii

### 1.7.1 Scopul experimentului

Pentru realizarea acestui experiment, veți avea nevoie de doi rezistori cu o putere de 0,25 W: unul de 10  $\Omega$  și celălalt de 330  $\Omega$ . Nu folosiți o baterie mai mare de 6 V. Este indicat ca termometrul utilizat să fie cât mai mic cu putință, pentru a putea măsura rapid căldura produsă de rezistor.

Scopul acestui experiment este familiarizarea cu legea lui Joule, importanța puterii nominale a componentelor precum și importanța punctelor electric comune. Circuit pe care îl vom realiza este următorul:

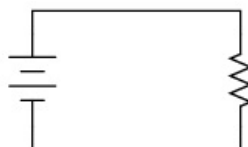


Figure 32: circuit electric simplu

Practic, circuitul va arăta conform figurii de mai jos. Atenție însă, nu țineți rezistorul între degete atunci când este alimentat.

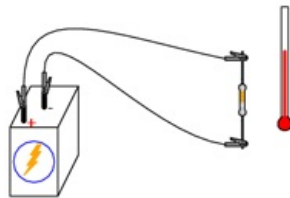


Figure 33: circuit electric simplu

### 1.7.2 Realizarea circuitului și a măsurătorilor

Măsurați valoarea fiecărui rezistor cu ohmmetrul. Notați-vă valorile obținute pentru a le putea folosi în viitor.

Conectați rezistorul de 330  $\Omega$  la bateria de 6 V, precum în figura de mai sus. Folosiți conductori adiționali. Conectați prima dată conductorii de legătură la terminalii rezistorului. Conectați apoi (și nu înainte!) conductorii la baterie. Putem evita astfel atingerea suprafeței rezistorului atunci când acesta este alimentat.

Poate vă întrebați de ce am încerca să evităm contactul cu suprafața rezistorului când acesta este alimentat. Răspunsul este că acesta se va încălzi. Acesta este și motivul pentru care avem nevoie de un termometru, pentru a măsura această temperatură. Cu rezistorul de 330  $\Omega$  conectat la baterie, măsurați tensiunea cu ajutorul voltmetrului. Putem realiza acest lucru în mai multe feluri. Tensiunea poate fi măsurată direct la bornele bateriei, sau direct la bornele rezistorului. Tensiunea bateriei este aceeași cu tensiunea la bornele bateriei în circuitul de față. Încercați să măsurați tensiunea în ambele puncte pentru a vă lămurii că acest lucru este adevărat. Acesta este un principiu al punctelor electrice comune, ceea ce avem și în circuitul de mai jos:

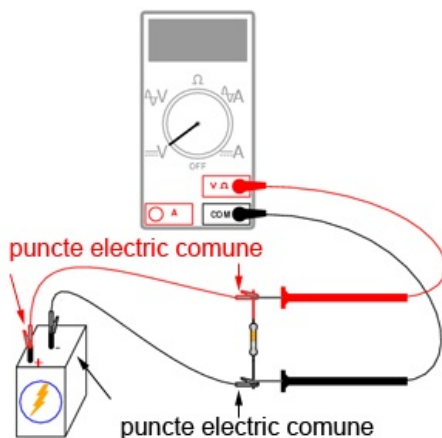


Figure 34: circuit electric simplu

### 1.7.3 Calcularea puterii disipate

Acum că avem toate datele necesare (rezistența, tensiune și curent), putem calcula puterea disipată. Putem folosi oricare dintre cele trei relații - cunoscute sub numele de „legea lui Joule” - cunoscând cel puțin două valori dintre cele trei enumerate mai sus:

$$P = IE; P = I^2R; P = E^2 / R$$

Încercați să calculați puterea disipată în acest circuit, folosindu-vă de cele trei valori măsurate mai sus. Indiferent de formula pe care o aplicați, rezultatul va fi aproximativ același. Presupunând că avem o baterie de 6 V și un rezistor de 330  $\Omega$ , puterea disipată va fi de 0,109 W, sau 109 mW. Din moment ce puterea nominală a rezistorului (specificată de producător) este de 0,25 W sau 250 mW, rezistorul nostru poate disipa fără probleme o putere de 109 mW. Fiindcă valoarea efectivă a puterii este aproximativ jumătate din puterea nominală, rezistorul se va încălzi puțin, dar nu se va supra-încălzi. Atingeți mijlocul rezistorului cu vârful termometrului. Care este temperatura acestuia?

Puterea (maximă) nominală (înscrisă pe component sau specificată de producător) a unui component electric nu ne spune cantitatea de putere ce o va disipa componentul respectiv. Ne spune în schimb, care este cantitate de putere ce o poate disipa fără a duce la distrugerea acestuia. Dacă puterea efectiv disipată în timpul funcționării depășește puterea nominală a componentului, temperatura acestuia va crește atât de mult încât va duce la distrugerea lui.

Pentru a ilustra cele spuse mai sus, deconectați rezistorul de 330  $\Omega$ . Înlocuiți-l cu un rezistor de 10  $\Omega$ . Evitați atingerea acestuia după ce ați alimentat circuitul, deoarece se va încălzi repede. Atenție, țineți rezistorul de 10  $\Omega$  departe de materiale inflamabile de orice fel, atunci când este alimentat!

Probabil că nu veți avea timp suficient să măsurați tensiunea și curentul înainte ca rezistorul să scoată fum. Dacă observați un astfel de comportament, întrerupeți circuitul și lăsați rezistorul câteva clipe pentru a se răci. Măsurați apoi rezistența acestuia cu ohmmetrul și vedeți dacă există o variație față de valoarea inițială a rezistenței. Dacă valoarea se încadrează încă în limita de +/-5 (între 9,5 și 10,5  $\Omega$ ), reconectați-o în circuit și lăsați-o să mai fumege puțin.

Ce se întâmplă cu valoarea rezistenței pe măsură ce rezistorul se arde din ce în ce mai tare? Distrugerea totală a rezistorului duce la o valoare a rezistenței infinită între cei doi terminali.

Realizați acum calculele pentru aflarea puterii disipate de rezistorul de 10  $\Omega$  folosind legile lui Joule. Un rezistor de 10  $\Omega$  conectat la o baterie de 6 V va disipa o putere de 3,6 W, de 14,4 ori mai mult decât puterea nominală a acestuia. Nu e de mirare atunci că „ia foc” așa de repede după conectarea la baterie.

## 1.8 Circuit cu întrerupător

### 1.8.1 Scopul experimentului

Utilizarea unui întrerupător într-un circuit simplu. Pentru acest experiment aveți nevoie de un întrerupător simplu, mecanic (întrerupător de veioză sau de perete, de exemplu). Vom realiza așadar circuitul de mai jos:

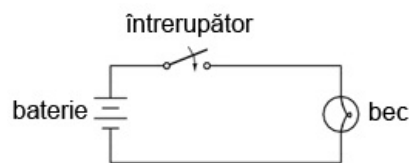


Figure 35: circuit electric cu întrerupător

Practic, circuitul va arăta astfel:

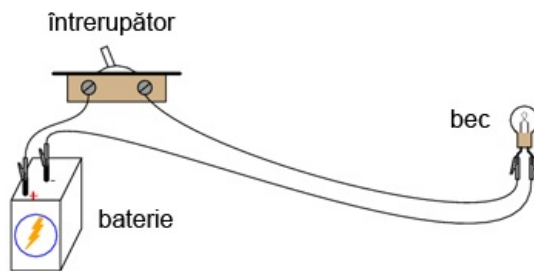


Figure 36: circuit electric cu întrerupător

### 1.8.2 Desfășurarea experimentului

Construiți circuitul de mai sus format dintr-o baterie, un întrerupător și un bec, precum în figura de mai sus. Acest circuit este cu atât mai impresionant cu cât firele conductoare sunt mai lungi, întrucât se poate vedea faptul că întrerupătorul poate controla curentul din circuit, indiferent de mărimea circuitului.

Măsurați tensiunea la bornele bateriei, la bornele întrerupătorului (între cele două șuruburi). Măsurați tensiunea și la bornele becului, în ambele poziții ale întrerupătorului. Când întrerupătorul este dezactivat (becul este stins), spunem că acesta este deschis. La fel ca în exemplele precedente, orice întrerupere a circuitului, indiferent de locație, duce la întreruperea curentului prin întreg circuitul. Rezultatul este, evident, stingerea becului.

## 1.9 Realizarea unui electromagnet

### 1.9.1 Scopul experimentului

Aplicarea „regulii mâini stângi” și realizarea practică a unui electromagnet. Veți avea nevoie de un conductor lung de electromagnet. Acești conductori nu sunt altceva decât conductori de cupru izolați prin lăcuire, folosiți pentru construirea transformatoarelor sau a motoarelor electrice. Puteți obține un astfel de conductor dintr-un transformator (stricat).

Veți avea de asemenea nevoie de un bolț, cui sau o bară metalică. Atenție, oțelul inoxidabil nu este magnetic, și prin urmare nu va putea fi folosit pe post de miez electromagnetic!

Pe parcursul experimentului vom realiza circuitul de mai jos:



Figure 37: circuit electric cu electromagnet

Practic, circuitul va arăta astfel:

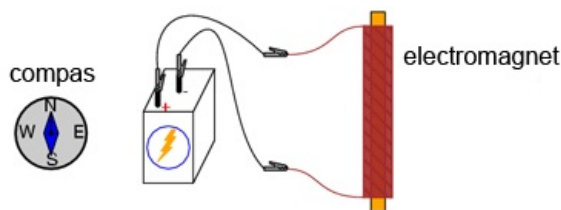


Figure 38: circuit electric cu electromagnet

### 1.9.2 Desfășurarea experimentului

Înfășurați pentru început o bandă izolatoare în jurul barei metalice (sau cui, ce aveți la dispoziție). Acest lucru va proteja conductorii împotriva abraziunii. Asigurați-vă că după finalizarea înfășurării, va rămân cele două capete libere pentru a putea alimenta electromagnetul. Înfășurați apoi conductorul izolat în jurul barei metalice de câteva sute de ori, pe cât de egal se poate (nu toate înfășurările în același loc). Puteți desigur să suprapuneți conductorii, întrucât sunt izolați prin lăcuire.

Singura regulă pe care trebuie să o respectați, este că toate înfășurările trebuie să fie realizate în aceeași direcție. De exemplu, toate să fie în sensul acelor de ceasornic. După ce ați făcut câteva sute de înfășurări în jurul elementului metalic, înfășurați un nou strat de bandă izolatoare peste conductori. Îndepărtați lacul izolator de pe capetele conductorilor. Conectați apoi aceste capete la o baterie.

La trecerea curentului electric prin înfășurare, va lua naștere un câmp magnetic destul de puternic: câte un pol la fiecare capăt al elementului metalic. Acest fenomen poartă numele de electromagnetism. Puteți folosi un compas pentru identificarea polilor magnetici Nord și Sud ai electromagnetului.

După ce electromagnetul a fost conectat la baterie, aduceți un magnet permanent în apropierea unuia dintre poli. Observați ce tip de forță apare între cei doi, de atracție sau de respingere? Inversați orientarea magnetului permanent. Ce tip de forță există în acest

caz? Încercați să folosiți electromagnetul pentru a atrage diferite obiecte metalice ce le aveți la îndemână (agrafe, ace de gălălie, etc.), la fel cum ați folosi un magnet permanent.

## 1.10 Inducția electromagnetică

### 1.10.1 Scopul experimentului

Experimentul de față este asemănător experimentului precedent. Veți avea nevoie de un electromagnet și un multimetru. Prin realizarea circuitului de mai jos, vom demonstra relația dintre intensitatea câmpului magnetic și tensiunea indusă:



Figure 39: exemplificarea inducției electromagnetice

Circuitul practic va arăta astfel:

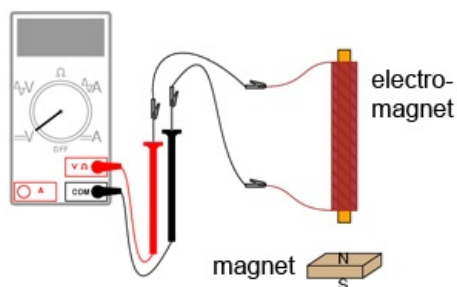


Figure 40: exemplificarea inducției electromagnetice

Inducția electromagnetică este inversul fenomenului de electromagnetism. În exemplul precedent am produs un câmp magnetic cu ajutorul unei tensiuni electrice. În exemplul de față, vom inversa această situație, și vom produce un curent electric cu ajutorul unui câmp magnetic. Exista totuși, o diferență importantă: în cazul electromagnetismului, câmpul magnetic este produs de un curent constant (curent continuu). Inducția electromagnetică necesită o deplasare a magnetului sau a bobine pentru a produce o tensiune.

### 1.10.2 Desfășurarea experimentului

Conectați multimetrul la capetele înfășurării. Selectați cea mai sensibilă scară de curent continuu disponibilă. Deplasați magnetul înspre electromagnet și înapoi. Observați polaritatea și valoarea tensiunii induse. Deplasați magnetul cu viteze diferite. Ce anume determină valoarea tensiunii induse?

Încercați același lucru cu capătul celălalt al electromagnetului. Încercați același lucru cu partea opusă a magnetului permanent. Comparați rezultatele.

Dacă folosiți un multimetru analogic, utilizați conductori de legătură (prelungire) pentru a poziționa aparatul de măsură cât mai departe de bobină. Câmpul magnetic generat de magnetul permanent poate afecta buna funcționare a aparatului și poate indica citiri greșite. Multimetrele digitale nu sunt afectate de câpurile magnetice.

## 2 Circuite de cc

### 2.1 Conectarea bateriilor în serie

#### 2.1.1 Scopul experimentului

Vom vedea mai jos modul de conectare a bateriilor pentru a obține diferite valori ale tensiunii rezultate. Deși putem folosi baterii de orice mărime, este recomandat să aveți cel puțin două baterii cu valori ale tensiunii diferite, pentru a face experimentul mai interesant.

Pe parcurs, vom realiza circuitul de mai jos (schemă + circuit practic):

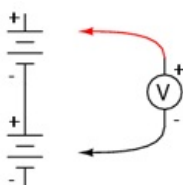


Figure 41: conectarea bateriilor în serie

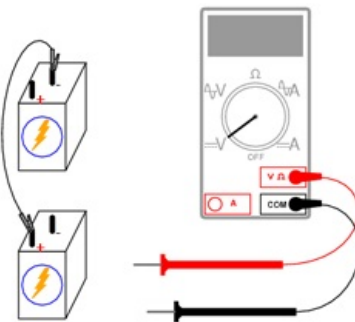


Figure 42: conectarea bateriilor în serie

### 2.1.2 Desfășurarea experimentului

Conectarea componentelor în serie înseamnă conectarea lor în linie, astfel încât să existe un singur drum pe care să poată circula electronii. Conectați așadar două baterii electrice în serie. Borna pozitivă a unei baterii trebuie să fie conectată la borna negativă a celeilalte. Măsurați căderea de tensiune la bornele fiecărei baterii, cu ajutorul unui voltmetru. Măsurați apoi căderea de tensiune la bornele celor două baterii conectate în serie. Veți observa că cele două valori ale tensiunii se adună:

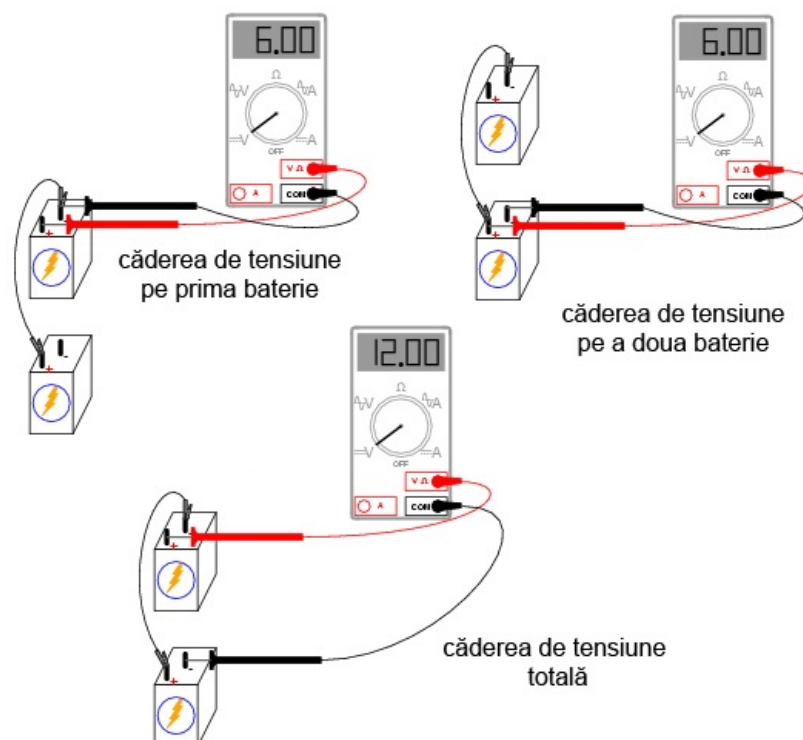


Figure 43: conectarea bateriilor în serie

Încercați să conectați baterii de tensiuni diferite în serie. De exemplu, conectați o baterie de 6 V cu una de 9 V. Care este valoarea totală a tensiunii în acest caz?

Inversați apoi conexiunile celor două baterii, conectând borna negativă(-) a uneia dintre baterii cu borna negativă(-) a celeilalte. Pe scurt, conectați-le în *contra-serie*, astfel:

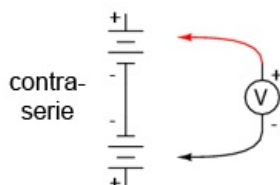


Figure 44: conectarea bateriilor în anti-serie

Care este valoarea tensiunii în acest caz. Care este diferența față de cazul precedent? Puteți deduce polaritatea căderii de tensiune, cunoscând polaritățile individuale ale bateriilor și valorile tensiunilor lor?

## 2.2 Conectarea bateriilor în paralel

### 2.2.1 Scopul experimentului

Vom realiza circuitele de mai jos (schema teoretică și circuitul practic), și vom observa efectul conectării surselor de putere în paralel asupra tensiunii și a curentului din circuit:



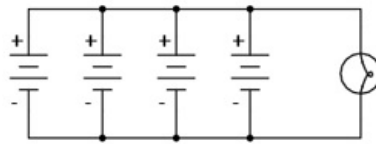


Figure 45: conectarea bateriilor în paralel

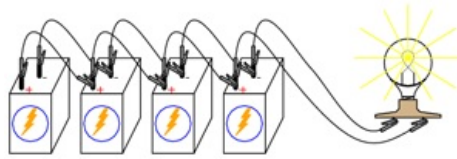


Figure 46: conectarea bateriilor în paralel

### 2.2.2 Derularea experimentului

Conectați o baterie de 6 V la un bec de 12 V, cu o putere de 25 sau 50 W. Becul va lumina relativ slab în acest caz. Utilizați voltmetrul pentru determinarea căderii de tensiune la bornele becului, astfel:

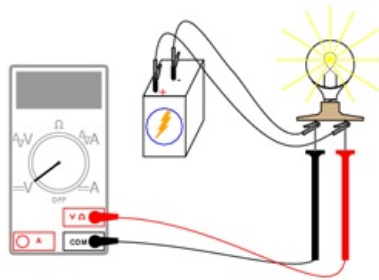


Figure 47: conectarea bateriilor în paralel

Indicația voltmetrului ar trebui să fie mai mică decât tensiunea normală a bateriei. Dacă veți folosi voltmetrul pentru citirea căderii de tensiune direct la bornele bateriei, veți observa că și în acest caz tensiunea este mai mică. De ce se întâmplă acest lucru? Valoarea mare a curentului absorbit de bec (putere înaltă) duce la scăderea tensiunii la bornele bateriei. Acest lucru se datorează căderii de tensiune dezvoltate la bornele rezistenței interne a bateriei.

Putem rezolva această problemă prin conectarea bateriilor în paralel. Astfel, fiecare baterie va fi nevoită să susțină doar o fracțiune din curentul total necesar becului. Conexiunile paralel presupun conectarea tuturor terminalelor pozitive (+) ale bateriilor între ele (terminale electric comune). Același lucru este valabil și în cazul terminalelor negative (-).

Adăugați pe rând bateriile în paralel, observând tensiunea becului cu fiecare nouă baterie:

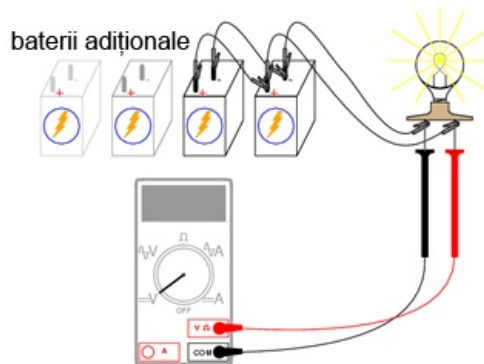


Figure 48: conectarea bateriilor în paralel

De asemenea, intensitatea luminii becului ar trebui să crească cu fiecare nouă baterie adăugată în paralel. Încercați să măsurați curentul unei baterii. Comparați această valoare cu valoarea curentului total (prin bec). Cea mai ușoară metodă de măsurare a curentului unei singure baterii, este următoarea:

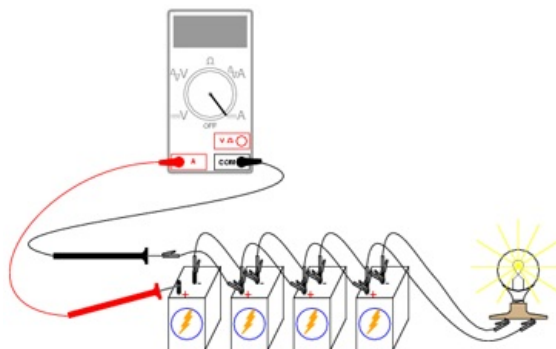


Figure 49: conectarea bateriilor în paralel

Întrerupem circuitul pentru o singură baterie. Introducem apoi ampermetrul în locul întreruperii, astfel încât circuitul este acum închis, și putem măsura curentul prin bateria respectivă. Măsurarea curentului total este similară: deschidem circuitul într-un loc

prin care circulă curentul total și conectăm ampermatrul între cei doi conductori liberi:

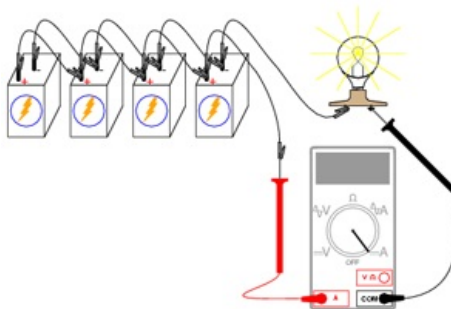


Figure 50: conectarea bateriilor în paralel

Observați diferența dintre curentul unei singure baterii și curentul total. Pentru a obține cea mai mare iluminare, avem nevoie însă de o conexiune serie-paralel. Două baterii de 6 V conectate în serie vor genera o tensiune de 12 V. Conectăm apoi două astfel de combinații serie în paralel. O astfel de combinație poate susține mult mai ușor valoarea curentului necesară alimentării becului. Tensiunea pe fiecare baterie va fi în acest caz mult mai aproape de 6 V:

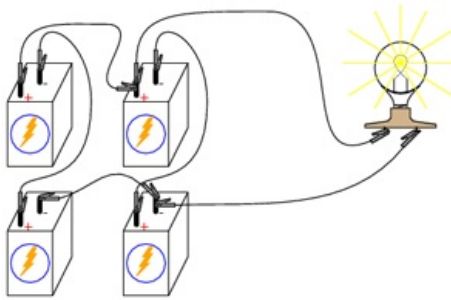


Figure 51: conectarea bateriilor în paralel

## 2.3 Divizor de tensiune

### 2.3.1 Scopul experimentului

Pentru derularea acestui experiment veți avea nevoie de diferiți rezistori cu valori între 1 k $\Omega$  și 100 k $\Omega$ . Altfel, s-ar putea să nu obțineți valori corecte ale tensiunii și curentului măsurat cu ajutorul multimetrului. În cazul unor rezistențe mici, rezistența internă a ampermetrului are un impact destul de mare asupra acurateții măsurătorii. Rezistențele foarte mari pot cauza probleme măsurătorilor de tensiune. Rezistența internă a voltmetrului în acest caz modifică rezistența circuitului când acesta este conectat în paralel cu un rezistor de valoare mare.

În urma realizării acestui experiment, vă veți familiariza cu utilizarea legii lui Kirchhoff pentru tensiune, precum și cu realizarea unui divizor de tensiune. Vom realiza circuitul de mai jos (diagrama):

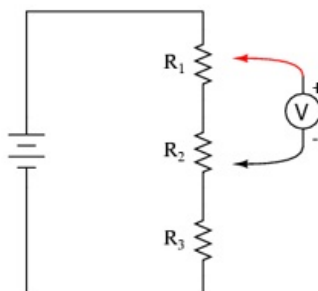


Figure 52: divizor de tensiune

Practic, acest poate fi realizat în oricare din formele de mai jos (care va este mai la îndemână):

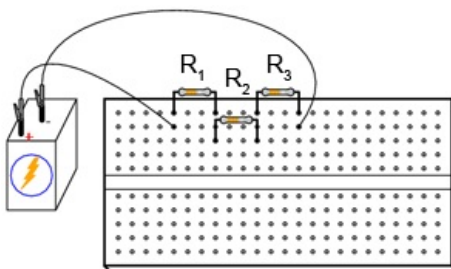


Figure 53: divizor de tensiune; circuit practic

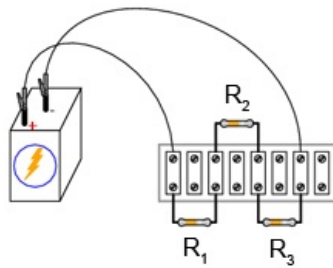


Figure 54: divizor de tensiune; circuit practic

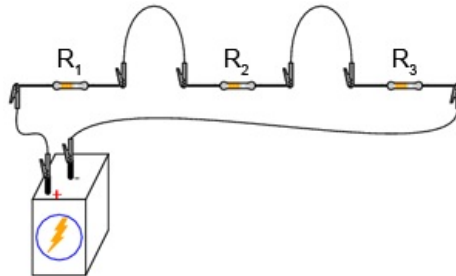


Figure 55: divizor de tensiune; circuit practic

Alternativ, puteți încerca realizarea tuturor celor trei variante de mai sus. Vă veți familiariza astfel cu toate cele trei metode. Fiecare are avantajele și dezavantajele sale. Ultima variantă - în care toate componentele sunt conectate între ele folosind conductori cu crocodili - este cea mai neprofesională, dar perfectă pentru un experiment precum cel de față. Construcția circuitului pe placa de test este cea mai versatilă. Placa de test permite o densitate mare de componente (multe componente pe o suprafață mică), dar circuitului este temporar. Regleta de borne oferă un circuit mult mai permanent, dar o densitatea mică de componente.

### 2.3.2 Desfășurarea experimentului

Alegeți trei rezistori și măsurați valoarea rezistenței fiecăruia cu un ohmmetru. Notați-vă aceste valori pentru utilizarea lor ulterioară.

Conectați cei trei rezistori în serie. Conectați apoi și bateria, conform figurilor de mai sus. Măsurați tensiunea bateriei cu un voltmetru după ce ați realizat circuitul. Notați-vă și această valoare. Este indicat să măsurați tensiunea bateriei în timpul alimentării rezistorilor, deoarece această valoare s-ar putea să difere puțin față de tensiunea normală a bateriei. Acest circuit nu ar trebui să prezinte o sarcină suficient de mare (curentul necesar nu este destul de mare) pentru a cauza scăderea tensiunii bateriei. Totuși, măsurarea tensiunii bateriei sub sarcină este indicată în orice situație, întrucât oferă valori de calcul mult mai realiste.

Aplicați legea lui Ohm ( $I = E / R$ ) pentru a calcula curentul din circuit. Verificați această valoare calculată prin măsurarea curentului cu un ampermetru astfel (metoda este similară indiferent de varianta circuitului):

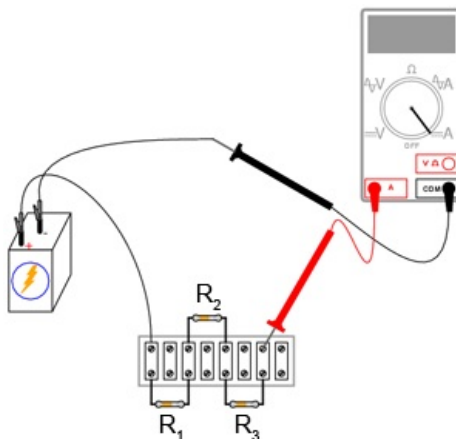


Figure 56: divizor de tensiune; măsurarea curentului

Dacă valorile rezistorilor pe care i-ați ales se află într-adevăr în intervalul 1 k $\Omega$  - 100 k $\Omega$ , iar tensiunea bateriei este de aproximativ 6 V, valoarea curentului ar trebui să fie destul de mică (mA sau  $\mu$ A). Fiți atenți la prefixul afișat, într-unul din colțuri, în cazul multimetrelor digitale. Este foarte ușor să uităm aceste prefixe când citim valoarea măsurătorii.

Valoarea măsurată a curentului ar trebui să fie foarte apropiată de valoarea calculată folosind legea lui Ohm. Înmulțiți acum valoarea calculată pentru curent cu valoarea rezistenței fiecărui rezistor. Aflați astfel valoarea căderilor de tensiune ( $E = IR$ ). Măsurați apoi cu ajutorul voltmetrului căderea de tensiune reală pe fiecare rezistor, verificând astfel acuratețea calculului. Din nou, cele două valori, cea calculată și cea măsurată, trebuie să fie extrem de apropiate.

### 2.3.3 Explicarea divizorului de tensiune

Fiecare cădere de tensiune a rezistorilor este doar o fracțiune din tensiunea totală. De aici și denumirea de *divizor de tensiune* a acestui circuit. Această valoare subunitară este determinată de rezistența individuală a rezistorului și de rezistența totală a circuitului.

Dacă tensiunea unui rezistor este de 50% din tensiunea totală a bateriei, acest procent va rămâne neschimbat atâta timp cât valorile rezistorilor nu se modifică, indiferent de tensiunea bateriei. Prin urmare, dacă tensiunea totală este de 6 V, tensiunea rezistorului respectiv va fi 50% din această valoare, adică 3 V. Dacă tensiunea totală este 20 V, căderea de tensiune la bornele rezistorului va fi de 10 V, sau 50% din 20 V.

### 2.3.4 Validarea legii lui Kirchhoff pentru tensiune

Identificați fiecare punct din circuit cu un număr. Punctele ce sunt electric comune trebuie notate cu același număr, astfel:

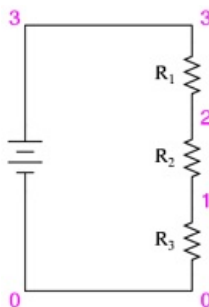


Figure 57: divizor de tensiune; notarea punctelor din circuit

Practic, circuitul se poate realiza prin lipirea unei benzi adezive la capătul conductorilor pe care este scris numărul punctului respectiv de contact din circuit:

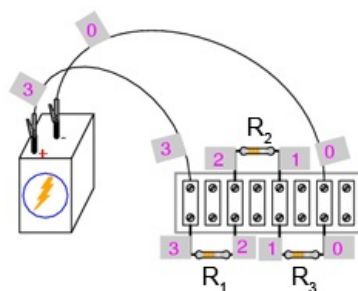


Figure 58: divizor de tensiune; notarea punctelor din circuit

Folosiți un voltmetru digital (acest lucru este important!). Măsurați căderile de tensiune în jurul buclei formate din punctele 0-1-2-3-0. Notați-vă fiecare din aceste tensiuni, cât și semnul indicat de voltmetru. Cu alte cuvinte, dacă valoarea afișată de voltmetru este -1,325 V, notați această valoare cu semnul minus. *Nu* inversați sondele voltmetrului pentru a obține o citire „corectă” (pozitivă). Semnul matematic este foarte important pentru exemplificarea legii lui Kirchhoff. Pașii pe care trebuie să-i urmați sunt următorii:

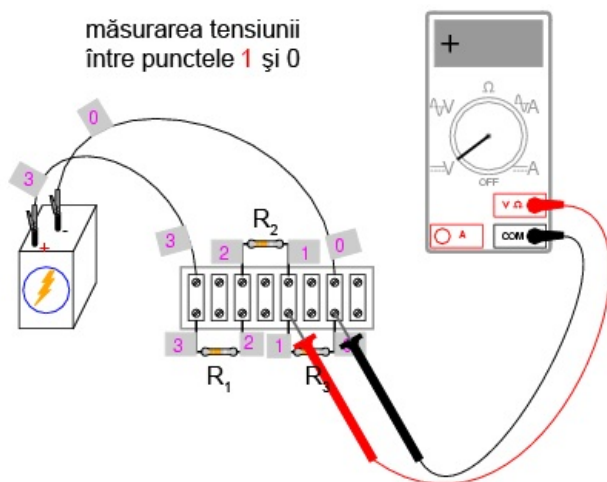


Figure 59: divizor de tensiune; măsurarea căderilor de tensiune

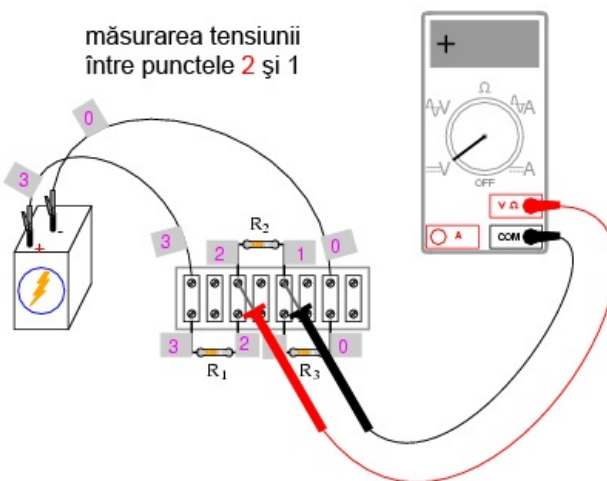


Figure 60: divizor de tensiune; măsurarea căderilor de tensiune

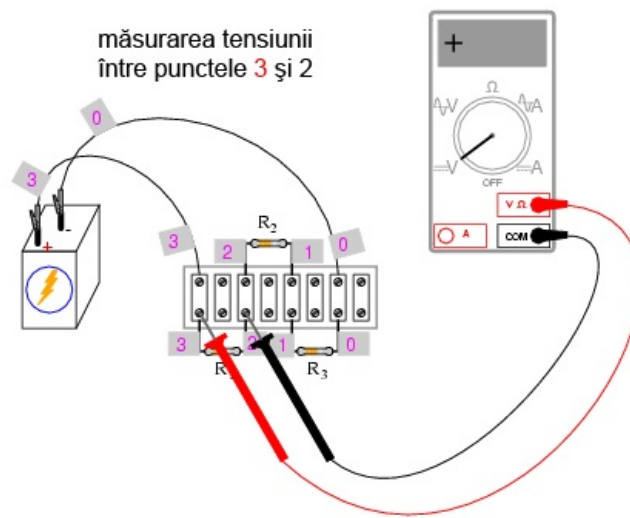


Figure 61: divizor de tensiune; măsurarea căderilor de tensiune

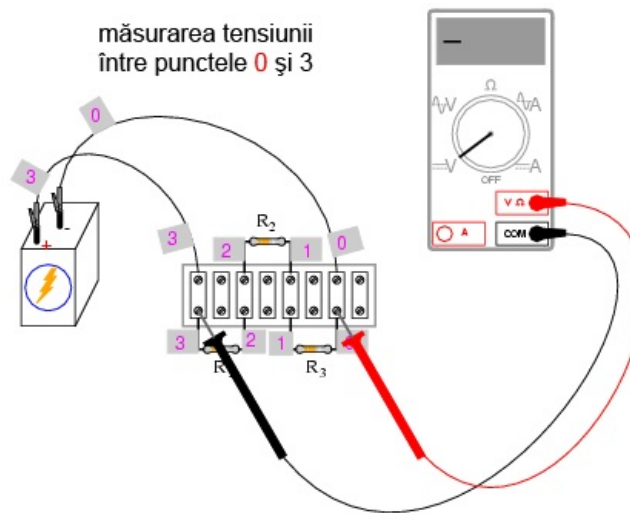


Figure 62: divizor de tensiune; măsurarea căderilor de tensiune

Folosind astfel voltmetrul pentru a „păși” în jurul circuitului, veți obține trei tensiuni pozitive și o tensiune negativă:

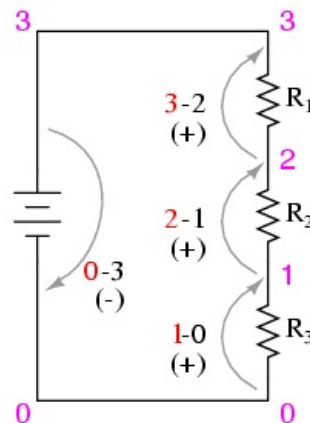


Figure 63: divizor de tensiune; măsurarea căderilor de tensiune

Adunați toate aceste valori algebric (respectând semnul). Rezultatul sumei trebuie să fie zero. Acesta este principiul fundamental al legii lui Kirchhoff pentru tensiune: suma algebrică a tuturor căderilor de tensiune dintr-o buclă trebuie să fie egală cu zero. Indiferent de sensul de parcurgere al buclei, rezultatul este același. Încercați să realizați o buclă închisă între oricare seturi de puncte. Suma algebrică a căderilor de tensiune va fi tot timpul egală cu zero. Această lege este valabilă indiferent de configurația circuitului studiat: serie, paralel, serie-paralel sau circuit complex.

## 2.4 Divizor de curent

### 2.4.1 Scopul experimentului

Asemănător exemplului precedent, vom avea nevoie de o baterie de 6 V și o serie de rezistori cu valori cuprinse între 1 k $\Omega$  și 100 k $\Omega$ . Față de exemplul precedent, ne vom familiariza cu legea lui Kirchhoff pentru curent și cu funcționarea unui circuit divizor de curent.

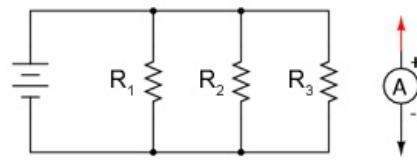


Figure 64: divizor de curent

Circuitul se poate realiza practic în mai multe moduri:

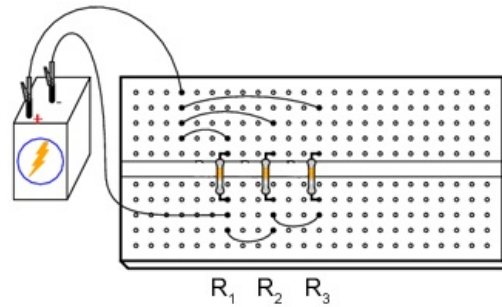


Figure 65: divizor de curent

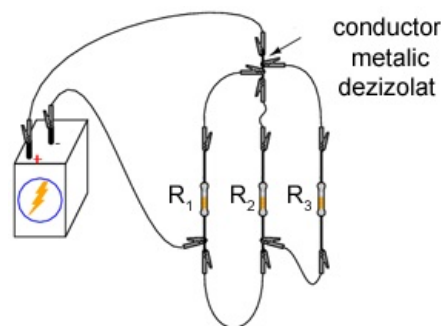


Figure 66: divizor de curent

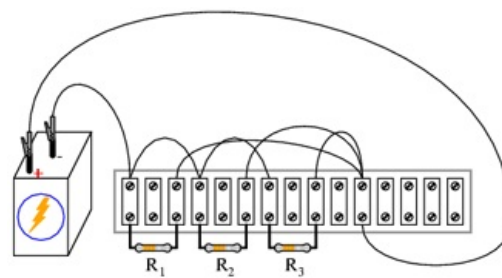


Figure 67: divizor de curent

În mod normal, nu este recomandat să conectați mai mult de doi conductori sub același terminal (șurub). În exemplul de mai sus, există trei conductori conectați împreună la terminalul din dreapta sus. Am realizat acest lucru doar pentru a demonstra un concept (sumarea curentului la nodul unui circuit), și nu reprezintă o tehnică profesională de realizare a circuitelor.

Experimentați cu toate cele trei variante de realizare a circuitului pentru a vă familiariza cu avantajele și dezavantajele fiecăruia.

## 2.4.2 Desfășurarea experimentului

Alegeți trei rezistori și măsurați valoarea rezistenței fiecăruia dintre ei cu ajutorul unui ohmmetru. Notați-vă valoarea acestora pe o hârtie. Conectați cei trei rezistori în paralel și conectați apoi și baterie, precum în figurile de mai sus. Măsurați tensiunea bateriei cu un voltmetru, după ce ați conectat rezistorii la bornele acesteia. Notați-vă și această valoare pe hârtie. Este indicat să măsurați tensiunea bateriei în timp ce este alimentată, deoarece valoarea măsurată s-ar putea să difere într-o mică măsură de valoarea normală (fără sarcină).

Măsurați tensiunea la bornele fiecărui rezistor. Ce observați? Într-un circuit serie, valoarea curentului este aceeași prin toate componentele în orice moment. Într-un circuit paralel, tensiunea este variabila comună a tuturor componentelor.

Aplicați legea lui Ohm ( $I = E / R$ ) pentru a calcula curentul prin fiecare rezistor. Verificați apoi această valoare calculată măsurând curentul real cu ajutorul unui ampermetru, astfel: conectați sonda roșie a ampermetrului în punctul de întâlnire a bornelor pozitive (+) ale rezistorilor; conectați borna neagră, pe rând, la capătul celălalt (-) al rezistorilor. Observați atât valoarea cât și polaritatea curentului. De exemplu, pentru a calcula curentul prin rezistorul  $R_1$ :

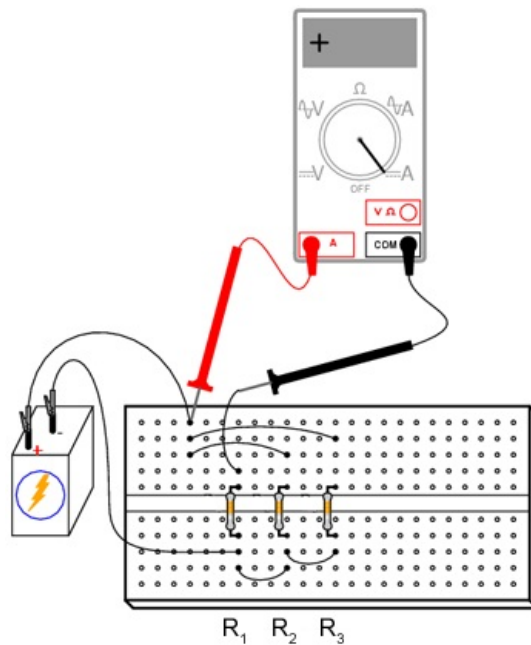


Figure 68: divizor de curent; măsurarea curentului

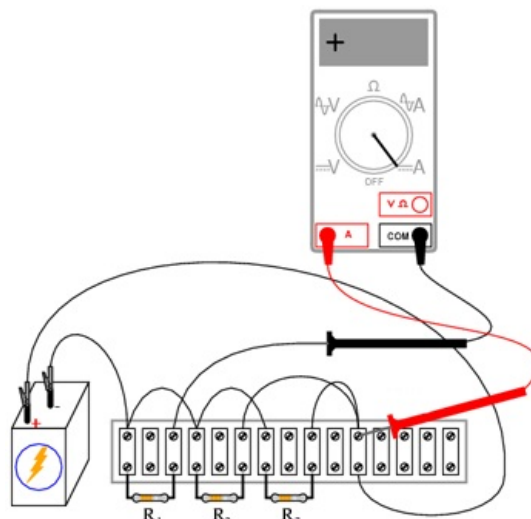


Figure 69: divizor de curent; măsurarea curentului

Măsurați curentul pentru toți cei trei rezistori. Comparați aceste valori cu rezultatele obținute anterior. Conectând ampermetrul asemenea figurilor de mai sus, toate cele trei indicații trebuie să fie pozitive, nu negative.

### 2.4.3 Validarea legii lui Kirchhoff pentru curent

Măsurați apoi curentul total din circuit, astfel: țineți sonda roșie a ampermetrului într-un singur punct din circuit; deconectați conductorul ce duce la borna pozitivă (+) a bateriei și atingeți-l cu sonda neagră.

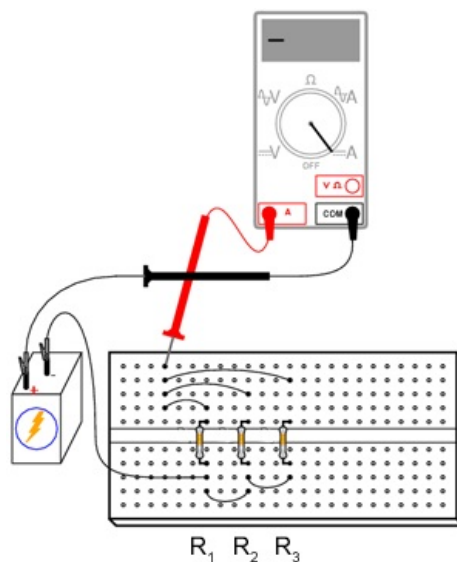


Figure 70: divizor de curent; măsurarea curentului



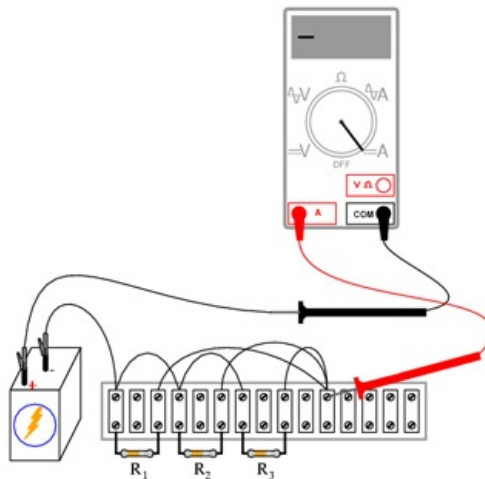


Figure 71: divizor de curent; măsurarea curentului

Notați-vă atât valoarea cât și semnul curentului indicat de ampermetru. Faceți suma algebrică dintre această valoare și valorile curenților pentru cei trei rezistori. Ce observați similar legii lui Kirchhoff pentru tensiune? Legea lui Kirchhoff pentru curent spune că suma tuturor curenților dintr-un nod trebuie să fie egală cu zero. Această lege este foarte utilă în analiza matematică a circuitelor electrice.

#### 2.4.4 Explicare divizorului de curent

Observați cele patru valori ale curenților obținute din măsurători. Considerați-le pe toate ca și valori pozitive. Primele trei reprezintă curentul prin fiecare rezistor. a patra valoare reprezintă curentul total prin circuit ca și suma pozitivă a celor trei curenți pe fiecare ramură. Fiecare curent de ramură este o fracțiune, sau un procent, din curentul total. Din acest motiv, acest tip de circuit (cu rezistori conectați în paralel) poartă numele de divizor de curent.

### 2.5 Divizor de tensiune cu potențiomtru

#### 2.5.1 Scopul experimentului

Pentru derularea acestui experiment veți avea nevoie de două baterii de 6 V, o mină de grafit (creion mecanic), un potențiomtru liniar cu o singură înfășurare (5 k $\Omega$  - 50 k $\Omega$ ) și un potențiomtru liniar cu înfășurări multiple (1 k $\Omega$  - 20 k $\Omega$ ).

Vom experimenta așadar cu modul de realizare și de funcționare a unui divizor de tensiune. Vom vedea, de asemenea, modul în care se însumează tensiunile în serie. Circuitul pe care îl vom realiza, este următorul (schema plus circuite implementate practic):

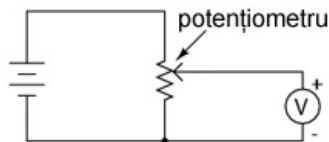


Figure 72: divizor de tensiune cu potențiomtru

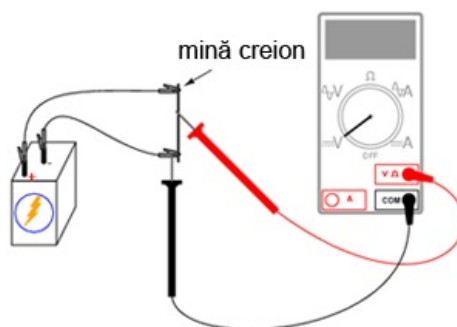


Figure 73: divizor de tensiune cu potențiomtru

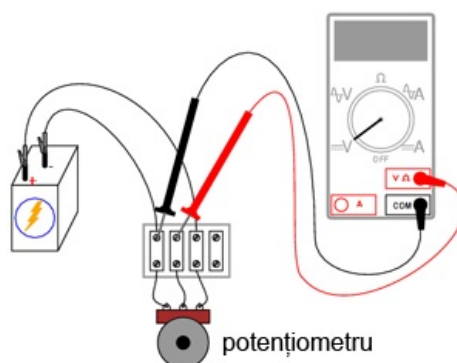


Figure 74: divizor de tensiune cu potențiomtru

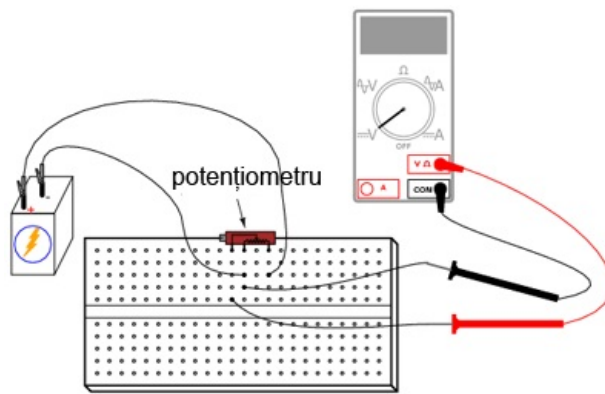


Figure 75: divizor de tensiune cu potențiomtru

### 2.5.2 Desfășurarea experimentului

Începeți experimentul cu circuitul format din mina de creion. Grafitul din care este realizată mina este un conductor prost de curent electric. Acesta va juca prin urmare rolul unui rezistor conectat la bornele bateriei de 6 V prin intermediul crocodililor. Conectați voltmetrul precum în figură și atingeți cu sonda roșie mina de grafit. Deplasați sonda roșie în lungul minei și observați indicația voltmetrului. Care este poziția sondei pentru care indicația voltmetrului este maximă?

Practic, mina de grafit se comportă precum o *pereche* de rezistori. Raportul dintre cele două rezistențe este stabilit de poziția sondei roșii pe lungimea acestuia:

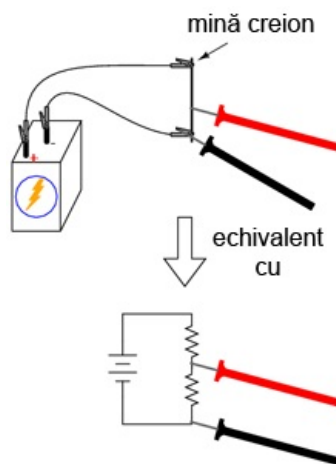


Figure 76: divizor de tensiune cu potențiomtru

Modificați apoi poziția sondelor voltmetrului, astfel încât să măsurați tensiunea pe „rezistorul de sus” a minei, astfel:

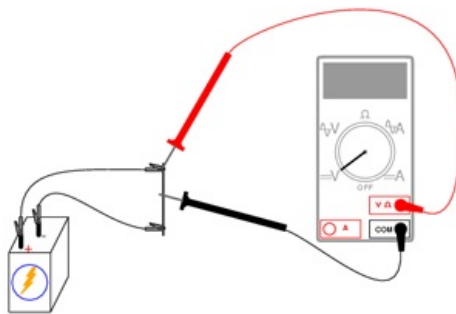


Figure 77: divizor de tensiune cu potențiomtru

Repoziționați sonda neagră pe lungimea minei și observați indicația voltmetrului. Care este poziția pentru care tensiunea indicată de voltmetru este maximă? Există vreo diferență între această situație și cea precedentă? De ce?

### 2.5.3 Circuitul cu potențiomtru

Realizați circuitul cu potențiomtru prezentat la începutul capitolului, în locul celui cu mină de creion. Măsurați tensiunea bateriei în timp ce potențiomtrul este alimentat. Notați-vă această valoare pe o hârtie. Măsurați tensiunea dintre perie și capătul potențiometrului conectat la borna negativă (-) a bateriei. Ajustați mecanismul potențiometrului până când voltmetrul indică exact  $\frac{1}{3}$  din tensiunea totală. Pentru o baterie de 6 V, această valoare va fi de aproximativ 2 V. Conectați apoi două baterii în serie, pentru a obține o tensiune de 12 V pe potențiomtru. Măsurați tensiunea totală a bateriei și măsurați apoi tensiunea între aceleași două puncte pe potențiomtru (între perie și borna negativă). Împărțiți tensiunea măsurată pe potențiomtru cu tensiunea totală măsurată pe baterie. Rezultatul ar trebui să fie  $\frac{1}{3}$ , aceeași valoare a divizorului de tensiune ce am găsit-o și înainte:

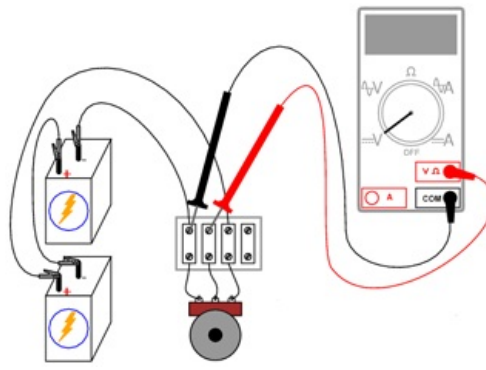


Figure 78: divizor de tensiune cu potențiomtru

## 2.6 Potențiomtrul ca și reostat

### 2.6.1 Scopul experimentului

Vom avea nevoie de o baterie de 6 V, un potențiomtru liniar cu o singură înfășurare (5 k $\Omega$ ) și un motor electric mic cu magneți permanenți. Vom învăța în acest experiment cum să utilizăm un reostat, cum să folosim un potențiomtru pe post de reostat, cum putem controla viteza de rotație a unui motor și cum putem folosi un voltmetru pentru a verifica continuitatea circuitului în locul ampermetrului.

Pe parcursul experimentului vom realiza circuitul de mai jos (diagramă plus implementare practică):

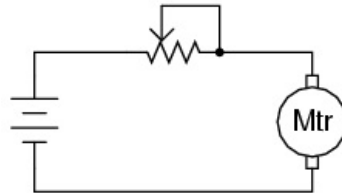


Figure 79: circuit electric cu potențiomtru și motor

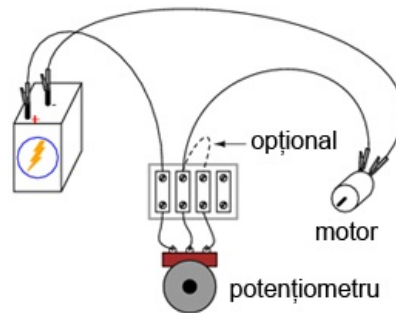


Figure 80: circuit electric cu potențiomtru și motor

### 2.6.2 Realizarea reostatului din potențiomtru

Potențiometrele se utilizează de obicei pe post de divizori de tensiune, poziția periei determinând raportul de divizare. Totuși, există aplicații în care nu avem nevoie de un divizor de tensiune variabil, ci doar un rezistor variabil: un dispozitiv cu două terminale. Tehnic, un rezistor variabil este cunoscut sub numele de reostat, dar potențiometrele pot fi utilizate foarte bine pe post de reostat. În cea mai simplă configurație, potențiometrul poate fi folosit pe post de reostat prin simpla utilizare a doi dintre terminalii acestuia. Cel de al treilea terminal este lăsat neconectat și neutilizat:

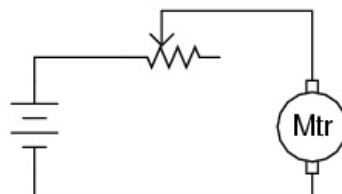


Figure 81: circuit electric cu potențiomtru și motor

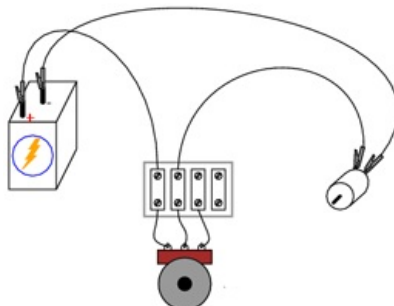


Figure 82: circuit electric cu potențiomtru și motor

Deplasarea periei potențiometrului astfel încât aceasta să se apropie de celălalt terminal utilizat rezultă în descreșterea rezistenței. Direcția necesară creșterii sau descreșterii rezistenței poate fi schimbată prin utilizarea unor seturi diferite de terminali:

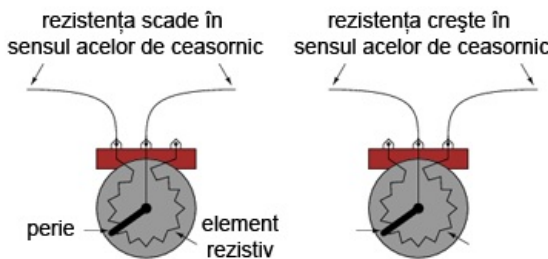


Figure 83: potențiomtru

Fiți atenți însă să nu folosiți cei doi terminali externi. Acest lucru nu va duce la modificarea rezistenței atunci când poziția periei se schimbă. Cu alte cuvinte, potențiometrul nu va mai funcționa ca și o rezistență variabilă:



Figure 84: potențiomtru

### 2.6.3 Controlul vitezei motorului

Realizați circuitul prezentat la început, utilizând doar doi terminali ai potențiometrului. Observați modul în care poate fi controlată viteza motorului prin ajustarea poziției periei potențiometrului. Experimentați cu diferite conexiuni ale terminalilor. Observați comportamentul motorului. Dacă potențiometrul vostru are o rezistență mare (măsurată între cei doi terminali externi), s-ar putea ca motorul să nu se rotească deloc până în momentul în care peria este adusă foarte aproape de terminalul extern conectat (rezistență mică).

După cum puteți observa, viteza motorului poate fi variată folosind un reostat conectat în serie cu acesta. Reostatul modifică rezistența totală a circuitului și limitează curentul total. Această metodă de control este însă inefficientă, deoarece puterea disipată (pierdută) de reostat este destul de mare. O metodă mult mai eficientă constă în alimentarea motorului cu o putere pulsatorie, folosind un tranzistor. O metodă similară este folosită și în cazul dimmer-elor casnice.

### 2.6.4 Conectarea terminalului liber la terminalul-perie (opțional)

Când folosim potențiometrul pe post de reostat, adesea, terminalul nefolosit este conectat la terminalul perie, astfel:

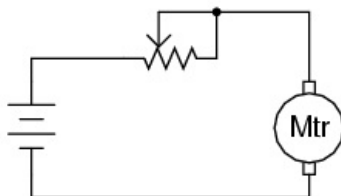


Figure 85: circuit electric cu potențiomtru și motor

Într-o primă instanță, acest lucru pare complet inutil, întrucât nu are niciun impact asupra controlului rezistenței. Puteți verifica acest lucru prin introducerea unui nou fir în circuitul realizat. Comparați comportamentul motorului înainte și după această modificare:

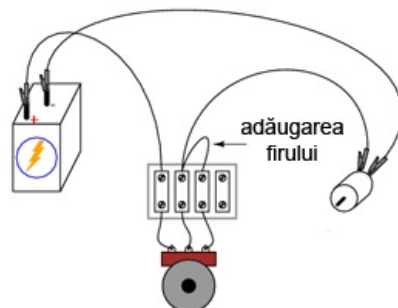


Figure 86: circuit electric cu potențiomtru și motor

Dacă potențiomtrul este în stare bună de funcționare, acest conductor adițional nu are niciun efect asupra funcționării motorului. Totuși, dacă peria pierde contactul cu elementul rezistiv din interiorul potențiomtrului, această conexiune adițională menține circuitul închis. În unele aplicații, acest lucru poate fi important.

Puteți simula un asemenea „defect” a contactului periei. Deconectați terminalul din mijloc al potențiomtrului din circuit. Măsurați tensiunea motorului pentru a vă asigura că acesta este încă alimentat:

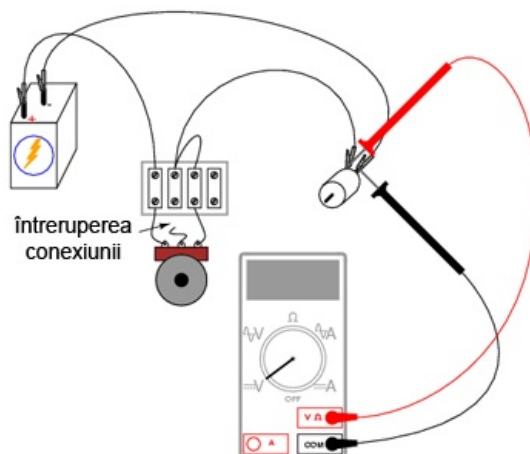


Figure 87: circuit electric cu potențiomtru și motor

## 2.6.5 Verificarea circuitelor cu voltmetrul în locui ampermetrului

Ar fi trebuit să măsurați curentul din circuit în loc de tensiunea motorului pentru a verifica continuitatea circuitului (circuit închis). Totuși, această metodă este mult mai sigură deoarece nu implica deschiderea circuitului pentru conectarea în serie a ampermetrului. Ori de câte ori folosim un ampermetru, există riscul unui scurt-circuit prin conectarea acestuia la bornele unei surse substanțiale de tensiune. Rezultatul poate fi distrugerea aparatului de măsură sau chiar accidentarea persoanei respective.

Nu este și cazul voltmetrelor însă. Prin urmare, ori de câte ori puteți la fel de bine măsura tensiunea în detrimentul măsurării curentului (utilizarea voltmetrului în detrimentul ampermetrului), pentru a verifica exact același lucru, varianta tensiunii este cea indicată.

## 2.7 Termoelectricitate

### 2.7.1 Scopul experimentului

Vom vedea pe parcursul acestui experiment modul de funcționare și utilizare a unei termocuple. Veți avea nevoie de un conductor de cupru și unul de fier (eventual de aluminiu), ambele dezizolate, o lumânare și bucăți de gheață. Circuitul electric pe care îl vom realiza este cel de jos:



Figure 88: realizarea unei termocuple

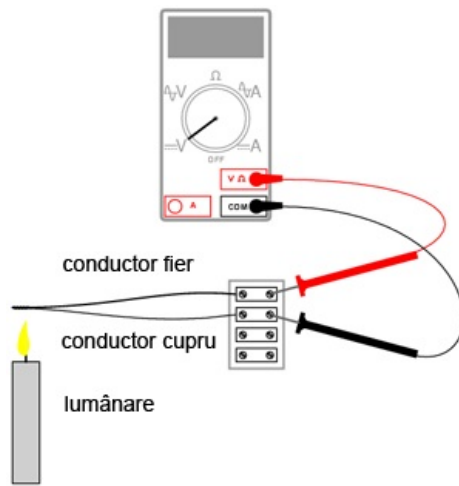


Figure 89: realizarea unei termocuple

## 2.7.2 Realizarea termocuplei

Răsuciți un capăt al conductorului de fier cu un capăt al conductorului de cupru. Conectați celelalte capete rămase libere la o bornă de reglete. Setați voltmetrul pe cea mai sensibilă scară și conectați-l la borna de regletă, conform figurii de mai sus. Indicația voltmetrului ar trebui să fie aproximativ 0 V.

Ceea ce am construit mai sus poartă numele de *termocuplă*: un dispozitiv folosit pentru generarea unei căderi de tensiune mici. Tensiunea produsă este proporțională cu diferența de temperatură dintre punctul de contact al celor doi conductori și punctul de contact al voltmetrului cu cele două capete rămase libere. Dacă temperatura contactului este egală cu temperatura capetelor libere, tensiunea produsă va fi 0 V. Indicația voltmetrului indică exact acest lucru.

## 2.7.3 Generarea tensiunii cu ajutorul termocuplei create

Aprindeți o lumânare și puneți contactul (vârful) termocuplei în flacără. Observați indicația voltmetrului. Îndepărtați contactul termocuplei din flacără și lăsați-l să se răcească până când indicația voltmetrului se apropie din nou de zero.

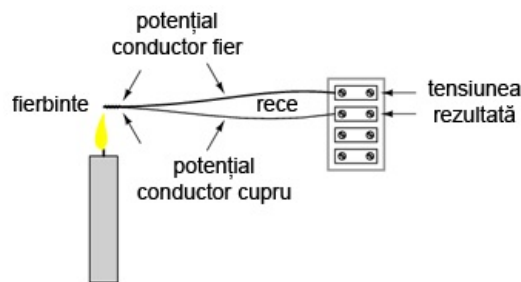


Figure 90: generarea tensiunii cu o termocuplă

Atingeți apoi contactul termocuplei cu un cub de gheață și observați indicația voltmetrului. Ce puteți spune despre valoarea tensiunii generate, este mai mică sau mai mare decât în cazul precedent? Care este diferența dintre polaritatea tensiunilor generate în cele două cazuri?

După ce ați îndepărtat cubul de gheață, încălziți contactul termocuplei ținându-l între degete. Va dura puțin până când temperatura acestuia va atinge temperatura corpului vostru. Aveți răbdare însă și observați indicația voltmetrului.

Termocuplele sunt folosite pe post de dispozitive de măsurare a temperaturii. Relația matematică dintre diferența temperaturii și tensiunea rezultată este destul de liniară. Prin măsurarea tensiunii, putem determina temperatura la punctul de contact.

## 2.8 Circuit de mediere

### 2.8.1 Scopul experimentului

Vom vedea în cele ce urmează cum putem realiza media aritmetică a valorilor tensiunilor cu ajutorul unei rețele de rezistori. Aceasta este de fapt o aplicație a teoremei lui Millman. Veți avea nevoie de 3 baterii (sau surse de alimentare în c.c.), fiecare cu o tensiune diferită și trei rezistori cu rezistențe egale (între 10 kΩ și 47 kΩ fiecare). Practic, vom realiza circuitul de mai jos:

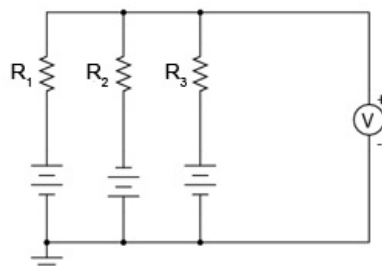


Figure 91: circuit de mediere a tensiunilor printr-o rețea de rezistori

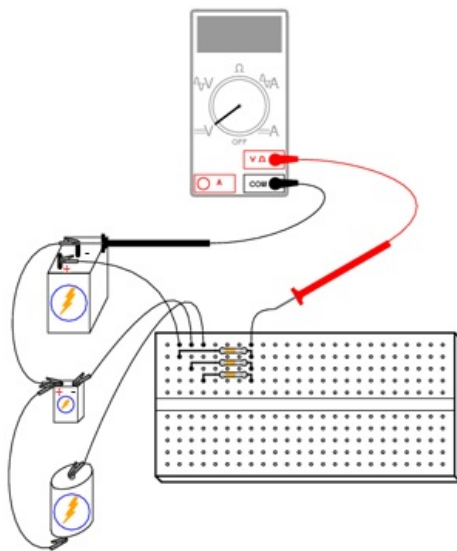


Figure 92: circuit de mediere a tensiunilor printr-o rețea de rezistori

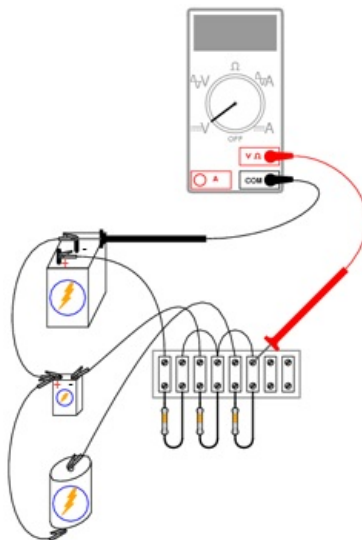


Figure 93: circuit de mediere a tensiunilor printr-o rețea de rezistori

Acest circuit realizează funcția matematică de mediere. Practic, intrarea circuitului constă din cele trei tensiuni, iar ieșirea din media aritmetică a acestora, astfel:

$$V_{ieșire} = (V_1 + V_2 + V_3) / 3$$

### 2.8.2 Realizarea și funcționarea circuitului de mediere

Construiți acest circuit conform figurii de mai sus. Măsurați apoi tensiunile celor trei baterii cu ajutorul unui voltmetru. Notați-vă aceste valori pe o foaie de hârtie și calculați media lor aritmetică, conform formulei de mai sus. Când măsurați tensiunea fiecărei baterii, țineți sonda neagră conectată la „masă” (partea bateriei conectată direct la celelalte baterii prin conductorii de legătură). Atingeți celălalt terminal al bateriei cu sonda roșie. Polaritatea este foarte importantă în această situație. Puteți observa din schema de mai sus, că una din baterii este conectată invers față de celelalte două. Tensiunea acestei baterii va trebui să fie negativă atunci când o măsurăm cu un voltmetru digital. Tensiunile celorlalte două baterii vor fi pozitive.

Când voltmetrul este conectat în circuit conform figurii de mai sus, valoarea indicată ( $V_{ieșire}$ ) va fi media aritmetică a tensiunilor celor trei baterii. Dacă valorile rezistorilor sunt astfel alese încât să fie foarte apropiate între ele, tensiunea de ieșire a circuitului va fi foarte aproape de valoarea calculată pe hârtie.

Dacă una dintre baterii este deconectată, valoarea tensiunii de ieșire va fi egală cu media aritmetică a celor două tensiuni rămase (baterii). În cazul în care conductorii de legătură conectați inițial la bornele bateriei înlăturată din circuit, sunt conectați împreună, circuitul va realia media aritmetică a celor două tensiuni rămase împreună cu valoarea de 0 V. Tensiunea de ieșire va fi prin urmare mai mică:



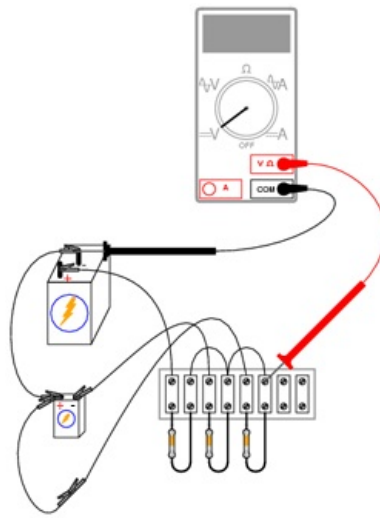


Figure 94: circuit de mediere a tensiunilor printr-o rețea de rezistori

### 2.8.3 Concluzii și notă istorică

Datorită simplității acestui circuit, nu-l putem numi un „calculator” în adevăratul sens al cuvântului. Totuși, acesta realizează foarte funcția matematică de mediere, și o realizează mult mai rapid decât sunt capabile calculatoarele digitale. Acestea din urmă realizează operațiile matematice printr-o succesiune de pași discreți. Calculatoarele analogice (precum cel de mai sus), realizează calculele într-un mod continuu, valorificând legea lui Ohm și legile lui Kirchhoff în scop aritmetic. Calcularea răspunsului depinde de viteza de propagare a tensiunii prin întreg circuitul, practic, viteza luminii (aproximativ)!

Prin introducerea circuitelor de amplificare, semnalele de tensiune din rețelele analogice de calculatoare pot fi amplificate și reutilizate în alte rețele pentru a realiza o varietate de funcții matematice. Astfel de calculatoare analogice sunt excelente pentru realizarea funcțiilor de integrare și diferențiere. Ele pot fi folosite prin urmare pentru simularea comportamentului unor sisteme mecanice, electrice și chiar chimice destul de complexe.

La un moment dat, calculatoarele analogice erau considerate instrumentul cel mai important pentru cercetările din domeniul ingineriei. Pe parcurs însă, acestea au fost înlocuite de calculatoarele digitale, ce realizează operațiile matematice cu o precizie mai bună decât cele analogice, chiar dacă viteza teoretică este mult mai mică. Cu toate acestea, realizarea practică a unor astfel de circuite, pentru începători, duce la o înțelegere mult mai bună a funcționării circuitelor electrice în general. Ce alte operații matematice credeți că pot fi realizate cu astfel de circuite analogice?

## 2.9 Baterie din cartof

### 2.9.1 Scopul experimentului

Ne propunem să realizăm o baterie din cartof. Deși acest experiment folosește cartoful pe post de baterie, puteți folosi o varietate de fructe și legume pe post de potențiale baterii. Veți avea nevoie prin urmare, pe lângă cartof (sau lămâie, de exemplu), de o bucată de zinc sau de metal galvanizat și un conductor de cupru. Pentru electrodul de zinc, puteți folosi un cui galvanizat. Vom vedea importanța reacțiilor chimice în funcționarea bateriilor precum și modul în care suprafața electrozilor influențează funcționarea bateriei. Circuitul realizat este următorul:

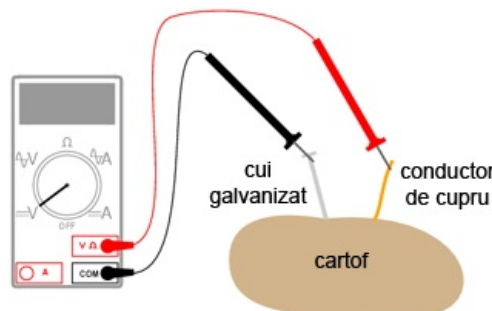


Figure 95: baterie din cartof

### 2.9.2 Realizarea bateriei din cartof

Introduceți atât cuiul cât și conductorul de cupru în cartof. Măsurați tensiunea produsă de baterie cu un voltmetru. Asta e tot! Experimentați însă cu diferite metale, diferite adâncimi și distanțe între electrozi. Cum puteți obține cea mai mare tensiune posibilă cu ajutorul cartofului? Încercați alte legume și comparați tensiunile de ieșire pentru metale similare pe post de electrozi. Desigur, alimentarea unei sarcini cu o astfel de „baterie” este foarte dificilă. Nu vă așteptați așadar să alimentați un bec, un motor sau orice altceva. Chiar dacă tensiunea de ieșire este suficient de bună, rezistența internă a bateriei este destul de mare. Conectând mai mulți cartofi în configurații serie, paralel sau serie-paralel, putem obține o tensiune și un curent destul de mare pentru alimentarea unei sarcini mici. Puteți realiza acest lucru?

## 2.10 Încărcarea și descărcarea condensatorului

### 2.10.1 Scopul experimentului

Vom observa modul de încărcare și descărcare al condensatoarelor. Vom calcula constanta de timp a circuitului și capacitatea rezultată prin conectarea condensatoarelor în serie și paralel.

### 2.10.2 Materiale necesare

Pentru acest experiment veți avea nevoie de o baterie de 6 V (sau sursă de tensiune echivalentă), două condensatoare electrolitice mari, de cel puțin 1000  $\mu\text{F}$ , doi rezistori de 1  $\text{k}\Omega$  și de un întrerupător. Circuitul realizat arată astfel:

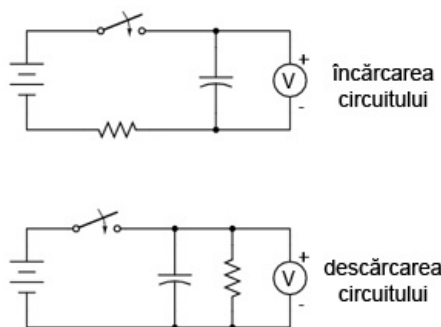


Figure 96: încărcarea și descărcarea unui condensator

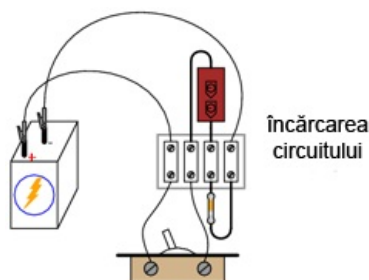


Figure 97: încărcarea unui condensator

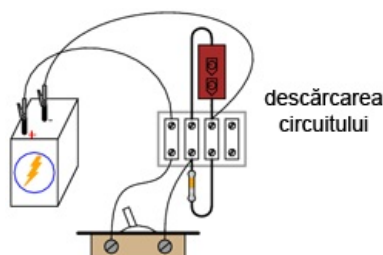


Figure 98: descărcarea unui condensator

### 2.10.3 Atenție la condensatoarele electrolitice

Acest experiment necesită utilizarea unor condensatoare mari pentru producerea unor constante de timp adecvate. Altfel, nu am putea urmări comportamentul circuitului cu ajutorul unui voltmetru și a unui cronometru. Atenție însă, majoritatea condensatoarelor de o asemenea capacitate sunt condensatoarele electrolitice. Polaritatea acestora este importantă! Cel puțin unul din terminalele fiecărui condensator este de obicei marcat cu polaritatea respectivă. De obicei, pentru astfel de mărimi, condensatoarele sunt marcate printr-unul sau mai multe minusuri (-) pe partea terminalului negativ.

Dacă nu respectați indicația polarității, și prin urmare, modul corect de alimentare al lor, mai mult ca sigur că aceste condensatoare se vor deteriora, chiar și în cazul unei tensiuni mici de 6 V. Distrugerea condensatoarelor electrolitice constă de obicei în explozia lor și împrăștierea materialelor chimice din interior. Încercați să evitați acest lucru !

### 2.10.4 Realizarea circuitului și măsurarea constantei de timp

Construiți circuitul de încărcare a condensatorului, precum în figura de mai sus. Măsurați tensiunea la terminalele condensatorului atunci când întrerupătorul este închis. Observați cum tensiunea crește încet, cu timpul, și nu brusc cum se întâmplă în cazul unui rezistor. Puteți „reseta” condensatorul înapoi la tensiunea de 0 V prin scurt-circuitarea terminalelor acestuia pe o sarcină (rezistor, de exemplu).

Constanta de timp ( $\tau$ ) a unui circuit rezistor-condensator se calculează prin înmulțirea capacității și a rezistenței circuitului. Pentru un rezistor de 1  $\text{k}\Omega$  și un condensator de 1.000  $\mu\text{F}$ , constanta de timp ar trebui să fie 1 secundă. Aceasta este durata de timp pentru care tensiunea condensatorului crește de la 0 V la aproximativ 63,2% din tensiunea sa finală: tensiunea bateriei.

Ar fi interesant de realizat un grafic, în care să vedem tensiunea condensatorului cu timpul. Pentru a putea realiza acest grafic totuși, trebuie să găsim o metodă de încetinire a circuitului. O fereastră de o secundă nu este chiar suficientă pentru a putea măsura tensiuni cu un voltmetru.

Cum putem însă crește constanta de timp a circuitului. Dacă ne uităm la formulă, există doar două posibilități: modificăm rezistența totală din circuit sau/si modificăm capacitatea totală a circuitului. Experimentați cu diferite combinații serie și paralel, având la dispoziție o pereche de rezistori identici și o pereche de condensatori identici. Găsiți combinația pentru care timpul de încărcare este cel mai lung.

Desigur, conectarea rezistorilor în serie formează o rezistență și mai mare. Este valabil acest lucru și în cazul condensatoarelor? Realizând acest circuit, vă puteți lămuri ce se întâmplă cu capacitatea condensatoarelor conectate în serie, respectiv paralel. Asigurați-vă însă de conectarea corectă a condensatoarele în circuit!

Circuitul de descărcare este similar celui de încărcare. Singura deosebire este că de această dată, tensiunea este maximă la închiderea întrerupătorului și scade treptat după deschiderea acestuia. Experimentați și în acest caz cu diferite combinații de rezistori și condensatoare.

## 2.11 Circuit de diferențiere

### 2.11.1 Scopul experimentului

Experimentul indică modul de realizare a unui circuit de diferențiere. După realizarea circuitului, veți putea obține o înțelegere empirică a derivatei unei funcții.

### 2.11.2 Materiale necesare

Pentru realizarea circuitului veți avea nevoie de două baterii de 6 volți, un condensator de  $0,1 \mu\text{F}$ , un rezistor de  $1 \text{ M}\Omega$  și un potențiomtru liniar, simplu, de  $5 \text{ k}\Omega$ . Valoarea potențiometrului nu este neapărat critică. Totuși, teoretic, o valoare mai mică a rezistenței potențiometrului conduce la rezultate mai bune în acest experiment. Circuitul final arată astfel:

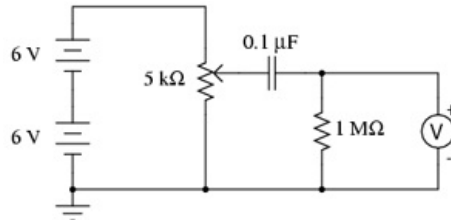


Figure 99: circuit de diferențiere

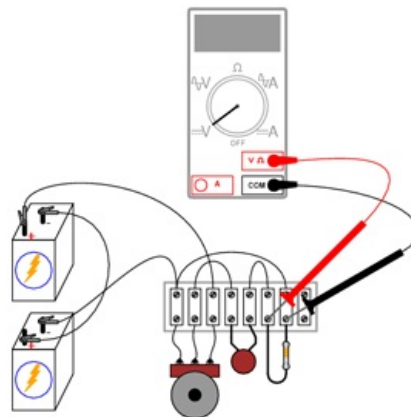


Figure 100: circuit de diferențiere

### 2.11.3 Realizarea circuitului

Măsurați tensiune dintre peria potențiometrului și punctul de masă reprezentat în figura de mai sus (terminalul negativ al bateriei de 6 V din partea de jos). Aceasta este tensiunea de intrare a circuitului. Puteți observa cum această tensiune variază continuu între 0 și 12 V pe măsură ce deplasăm peria potențiometrului. Din moment ce utilizăm potențiometrul pe post de divizor de tensiune, acest comportament ar trebui să vă fie deja cunoscut.

Măsurați apoi tensiunea la bornele rezistorului de  $1 \text{ M}\Omega$  pe măsură ce învârtiți potențiometrul. Setati voltmetrul pe cea mai sensibilă (mV) scară. Ce indică voltmetrul atunci când *nu* învârtim controlul potențiometrului? Învingiți potențiometrul încet, în sensul acelor de ceasornic, și observați indicația voltmetrului. Realizați același lucru, dar în sens invers acelor de ceasornic. Care este diferența dintre cele două direcții ale deplasării potențiometrului?

Încercați să controlați potențiometrul astfel încât să obțineți o indicație stabilă a tensiunii. Ce tip de deplasare a potențiometrului oferă cea mai stabilă indicație a tensiunii la bornele rezistorului de  $1 \text{ M}\Omega$ ?

### 2.11.4 Derivata unei funcții în analiza matematică

O funcție matematică ce reprezintă rata de variație a unei variabile față de o alta, poartă numele de derivată. Acest circuit simplu ilustrează conceptul de derivare prin producerea unei tensiuni de ieșire proporționale cu variația tensiunii de intrare în raportul cu timpul. Prin urmare, acest circuit mai este cunoscut sub numele de circuit de diferențiere.

La fel ca circuitul de mediere, circuitul de diferențiere poate fi considerat un calculator analogic. Diferențierea este o operație matematică mult mai complexă decât medierea, în special când este implementată într-un calculator digital. Acest circuit este așadar un exemplu excelent al eleganței circuitelor analogice în realizarea calculelor matematice. Desigur, se pot realiza circuite de diferențiere mult mai precise prin combinarea rețelelor rezistor-condensator cu circuite electronice de amplificare.

## 3 Circuite de ca

### 3.1 Transformator - sursă de putere

#### 3.1.1 Scopul experimentului

Comportamentul unui transformator coborât de tensiune; scopul și utilizarea transformatoarelor cu priză mediană; conectarea corectă și sigură a cablurilor de alimentare.

### 3.1.2 Materiale necesare

Veți avea nevoie de un transformator cu priză mediană pe înfășurarea secundară (220 V ca - 12 V ca), o regletă de borne cu cel puțin trei terminale, un prelungitor, un întrerupător. Opțional, o carcasă și o siguranță fuzibilă, alegeți una lentă. Transformatoarele necesită de obicei curenți mari la conectarea inițială la o sursă de curent alternativ. Acești curenți tranzitorii vor topi o siguranță rapidă. Determinați amperajul siguranței fuzibile prin împărțirea puterii transformatorului (VA) la 220 V: cu alte cuvinte, calculați curentul maxim permis în înfășurarea primară și alegeți o siguranță fuzibilă corespunzătoare. Circuitul final va arăta astfel:

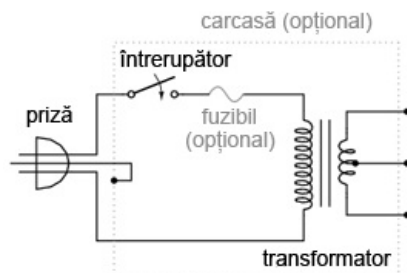


Figure 101: sursă de tensiune joasă de curent alternativ

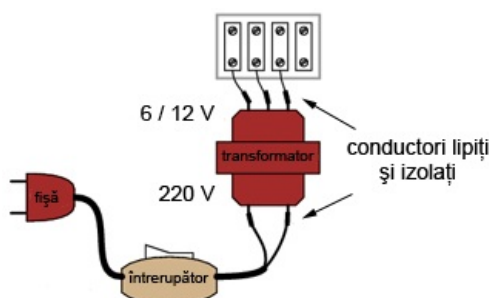


Figure 102: sursă de tensiune joasă de curent alternativ

### 3.1.3 Realizarea sursei de tensiune joasă

Atenție, realizarea acestui experiment implică utilizarea unor tensiuni periculoase ! Asigurați-vă că toți conductorii de tensiune înaltă (220 V) sunt izolați corespunzător. Nu trebuie să aveți sub nicio formă conductori dezizolați pe partea cu primarul transformatorului. Lipiți toate conexiunile pentru o siguranță sporită. Folosiți bandă izolatoare adevărată (*nu* scotch, bandă de împachetat sau orice altă variantă) pentru izolarea conexiunilor lipite. Dacă doriți introducerea întregului ansamblu într-o carcasă metalică, folosiți o fișă cu trei contacte (alimentare plus împământare). Conectați împământarea direct pe carcasa metalică pentru o siguranță sporită. Înainte de introducerea fișei (ștecărului) în priză, verificați pentru siguranță aparatul cu un ohmmetru. Cu întrerupătorul închis, măsurați rezistența dintre un contact al fișei și carcasa metalică. Ar trebui să obțineți o rezistență infinită (maximă). Dacă aparatul de măsură înregistrează continuitate (o rezistență oarecare, dar nu infinită), atunci există un scurt-circuit între unul dintre conductoarele de putere și carcasă. Acest lucru este periculos și trebuie evitat cu orice preț! Verificați apoi și înfășurările transformatorului pentru continuitate. Cu întrerupătorul închis, ar trebui să obțineți o rezistență mică între cele două contacte ale fișei. Când întrerupătorul este oprit, rezistența ar trebui să crească spre infinit (circuit deschis - discontinuitate). Măsurați rezistența pe partea secundarului. Rezistența înfășurării secundare trebuie să fie mult mai mică decât cea a primarului. De ce? Introduceți fișa într-o priză și închideți întrerupătorul. Veți obține la ieșire (pe partea secundarului) o tensiune de curent alternativ între perechile de terminale. Între două terminale, tensiunea va fi de 12 V. Între unul din aceste terminale și celălalt terminal, tensiunea va fi jumătate, adică 6 V. Acest al treilea terminal reprezintă priza mediană pe secundarul transformatorului. Păstrați acest circuit asamblat, deoarece îl veți folosi pentru alimentarea altor experimente prezentate de aici înainte. Sursa de tensiune astfel realizată va fi desemnată de acum înainte prin următoarea diagramă:

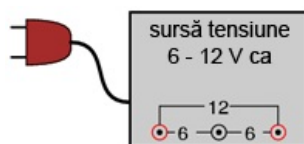


Figure 103: sursă de tensiune joasă de curent alternativ

## 3.2 Construirea unui transformator

### 3.2.1 Scopul experimentului

Construirea unui transformator electric este o ocazie foarte bună de a studia efectele electromagnetismului și inducția electromagnetică. Acest lucru îl vom realiza în cele ce urmează.

### 3.2.2 Materiale necesare

Veți avea nevoie de bare plate din oțel, diferite șuruburi, piulițe și șaibe, conductor de cupru (pentru magnet/transformator) de 0,32 mm și o sursă de alimentare în curent alternativ de mică putere. Conductorul de cupru pentru magnet/transformator este un

conductor subțire izolat prin lăcuire. Puteți folosi aproape orice diametre, dar cel de 0,32 mm este recomandat pentru simplul fapt că putem realiza multe înfășurări într-un spațiu relativ îngust. Transformatorul final va arăta aproximativ astfel:

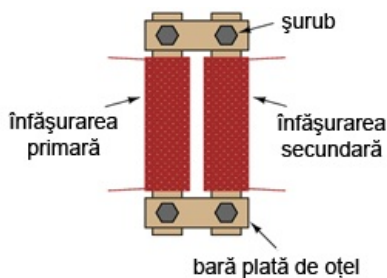


Figure 104: construirea unui transformator

### 3.2.3 Realizarea transformatorului

Înfășurați două bare de oțel de lungimi egale cu un strat subțire de bandă izolatoare. Aplicați câteva sute de înfășurări de conductor de magnet în jurul acestor bare. Puteți realiza aceste înfășurări în număr egal sau inegal, în funcție de transformatorul pe care doriți să-l realizați. Este mai bine să începeți cu un număr egal de înfășurări. Puteți experimenta apoi cu un număr inegal de înfășurări.

Conectați aceste bare sub forma unui dreptunghi cu ajutorul altor două bare de oțel de lungimi mai mici. Folosiți șuruburi și piulițe pentru prinderea lor. Este indicat să găuriți barele înainte de aplicarea înfășurărilor în jurul acestora.

Verificați dacă vreuna din înfășurări este scurt-circuitată după ce ați terminat de înfășurări. Indicația unui ohmmetru conectat între capetele înfășurărilor și bara de fier ar trebui să fie infinită (circuit deschis). Verificați de asemenea continuitate înfășurărilor, prin conectarea ohmmetrului între capetele acestora, pentru a vă asigura că nu există întreruperi. Dacă oricare dintre aceste măsurători indică o problemă, va trebui să refaceți înfășurarea respectivă.

Alimentați transformatorul astfel realizat cu o tensiune joasă (conform sursei de tensiune realizate în secțiunea precedentă). *Nu încercați alimentarea transformatorului direct de la priza de 220 V, deoarece înfășurările realizate mai sus nu pot suporta o asemenea tensiune.*

Măsurați tensiunea de ieșire a transformatorului (tensiunea secundarului) cu un voltmetru de curent alternativ. Conectați o sarcină (motor, bec, etc.) la înfășurarea secundară și remăsurați tensiunea. Observați variația (descreșterea) tensiunii înfășurării secundare pe măsură ce curentul crește.

Desfaceți sau îndepărtați unul dintre șuruburi. Veți crește astfel reluctanța (analog rezistenței) circuitului magnetic ce face legătura între cele două înfășurări. Observați efectul acestui lucru asupra tensiunii de ieșire la mers în gol (fără sarcină) și sub sarcină.

În cazul în care ați realizat transformatorul cu înfășurări inegale, încercați să-l alimentați, pe rând, din ambele părți (transformator coborâtor, respectiv ridicător de tensiune) și conectați diferite sarcini de ca pe înfășurarea secundară.

## 3.3 Bobină variabilă

### 3.3.1 Scopul experimentului

Efectele permeabilității magnetice asupra inductanței; cum poate fi controlat curentul de către reactanța inductivă, într-un circuit electric de curent alternativ.

### 3.3.2 Materiale necesare

Pentru realizarea experimentului, veți avea nevoie de un tub de hârtie/carton (de la un sul de șervețele, de exemplu), o bară de fier sau oțel, cu un diametru suficient de mare pentru a umple tubul de carton; conductor de cupru pentru magnet/transformator de 0,32 mm; sursă de tensiune de c.a. și un bec. Schema electrică realizată arată astfel:

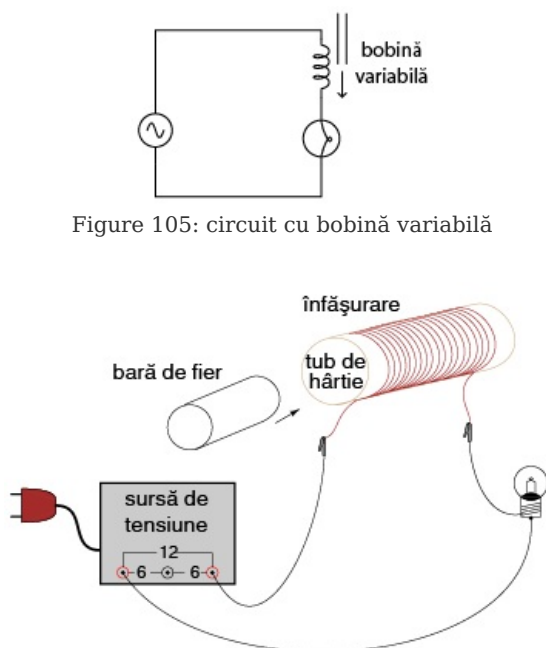


Figure 106: circuit cu bobină variabilă

### 3.3.3 Realizarea bobinei variabile

Luăți conductorul de cupru și realizați câteva sute de înfășurări în jurul tubului de hârtie. Conectați această bobină în serie cu o sursă de tensiune joasă de curent alternativ și un bec, formând un circuit. Când tubul este gol, intensitatea luminoasă a becului ar trebui să fie mare. Când introducem bara de oțel, intensitatea becului scade datorită creșterii inductanței ( $L$ ) și, prin urmare, a creșterii reactanței inductive ( $X_L$ ).

Ca și variație a circuitului de mai sus, încercați să introduceți diferite materiale în tubul de hârtie, precum cupru sau oțel inoxidabil, dacă aveți la îndemână. Nu toate metalele vor avea același efect, datorită diferențelor de permeabilitate magnetică.

## 3.4 Detector audio de semnale

### 3.4.1 Scopul experimentului

Scopul principal al circuitului realizat în acest experiment constă în detectarea semnalelor electrice extrem de mici. Vom vedea însă și cum putem folosi un transformator pentru adaptarea impedanțelor și vom utiliza diode pentru „tăierea” tensiunii la un anumit nivel maxim.

Acest tip de detector poate fi folosit pentru echilibrarea punților de măsură, a circuitelor cu detector de nul și pentru detectarea semnalelor de curent alternativ cu amplitudine mică și în domeniul frecvențelor audio. Acest echipament se poate dovedi extrem de folositor, mai ales pentru cei care au un buget mai restrâns și nu-și pot permite un osciloscop. Este de asemenea folositor în sensul în care ne permite utilizarea unui alt simț pentru interpretarea comportamentului unui circuit.

### 3.4.2 Materiale necesare

Veți avea nevoie de o pereche de căști de calitate, de tip închis; transformator coborâtor de tensiune de 6 V; două diode de redresare; un rezistor de 1 k $\Omega$ ; un potențimetru de 100 k $\Omega$ .

Cu cât sensibilitatea (dB) căștilor este mai mare, cu atât mai bine. În mod normal, transformatorul (de adaptare a impedanțelor) folosit în astfel de aplicații poartă numele de „transformator audio”. Intrarea, respectiv ieșirea înfășurărilor, este specificată prin valori ale impedanțelor (1000  $\Omega$ : 8  $\Omega$ ) în loc de tensiune. Puteți folosi un astfel de transformator audio, sau puteți folosi un transformator de putere (220 V/6 V). Circuitul realizat arată astfel:

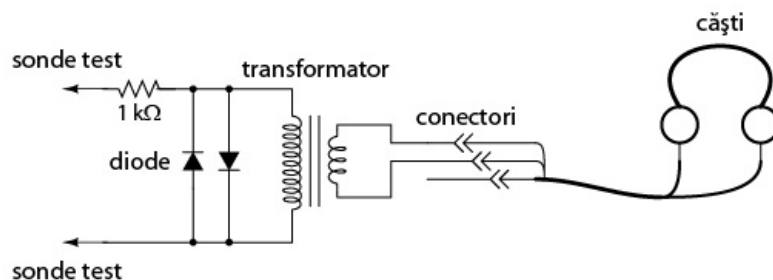


Figure 107: detector audio de semnal

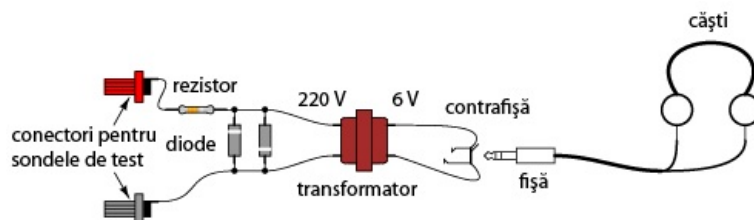


Figure 108: detector audio de semnal

### 3.4.3 Realizarea detectorului audio de semnale

Căștile, fiind cel mai probabil stereo, vor avea o fișă cu 3 contacte. Vom folosi doar două din cele trei puncte de contact în circuitul nostru. Există două posibilități de conectare în acest caz, fie în serie, fie în paralel. Aparent însă, cele mai bune rezultate se obțin folosind conexiunea serie:

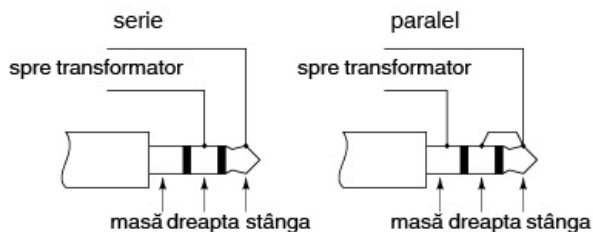


Figure 109: conectarea în serie și paralel a difuzoarelor

Lipiți cu mare grijă toate conexiunile. Acest detector este extrem de sensibil. Orice conexiuni proaste existente în circuit vor genera zgomote adiționale nedorite, peste semnalul de tensiune măsurat. Cele două diode conectate în paralel cu primarul transformatorului, împreună cu rezistorul de 1 k $\Omega$ , „taie” semnalul de intrare (tensiune) ce depășește 0,7 V. Acest lucru are doar un singur scop: limitarea volumului căștilor audio. Sistemul poate funcționa foarte bine și fără aceste diode. Atenție însă, în acest caz nu va exista practic nicio limită a volumului existent în circuit. Simpla conectare a celor două sonde de test la bornele unei baterii (de exemplu) poate produce un sunet asurzitor!

### 3.4.4 Utilizarea detectorului audio



Pentru conectarea dispozitivului realizat mai sus la o sursă de tensiune mai mare de 1 V, va trebui să atenuăm sensibilitatea extrem de mare a acestuia. Acest lucru se poate realiza prin conectarea unui divizor de tensiune la intrarea circuitului:

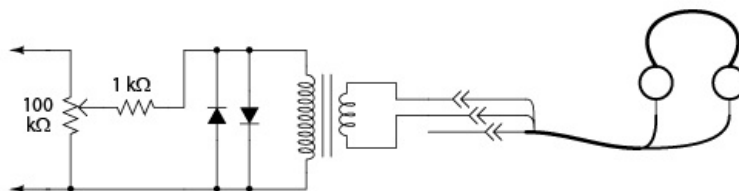


Figure 110: atenuarea sensibilității detektorului audio

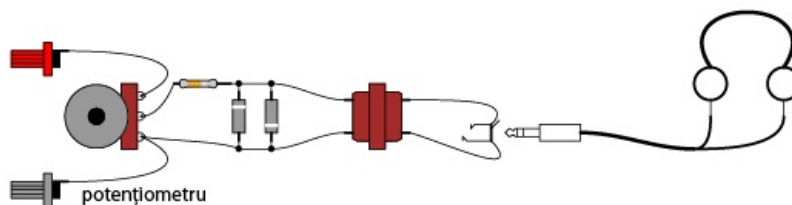


Figure 111: atenuarea sensibilității detektorului audio

Atunci când probați un semnal de tensiune cu o amplitudine necunoscută, ajustați potențiometrul divizor de tensiune de 100 kΩ aproximativ la jumătate scalei. Dacă sunetul este prea puternic, reajustați potențiometrul (măriți rezistența) și reîncercați. Dacă sunetul este prea slab, descreșteți rezistența potențiometrului. Acest detector poate fi folosit chiar și pentru detectarea semnalelor de curent continuu și a celor ce se află în bandă de frecvență radio (semnale sub și peste domeniul audio). În acest caz, veți auzi un „click” la conectarea sau deconectarea sondelor de test la sursa de semnal. Practic, cu un astfel de circuit, puteți detecta curenți de sub 0,1 μA (c.c.) și semnale de radiofrecvență de până la 2 MHz.

Pentru a încerca dispozitivul și a vă convinge de utilitatea lui, puteți să aduceți ambele sonde în contact cu vârful limbii, setând sensibilitatea la maxim. Tensiunea produsă de contactul metal-electrolit (cunoscută sub numele de tensiune galvanică) este foarte mică, dar suficientă pentru a produce „click”-uri ori de câte ori atingeți sau îndepărtați sondele de pe limbă.

La fel ca în cazul sursei de tensiune, puteți introduce întreg circuitul într-o carcasă pentru a putea fi folosit în viitor. Prin urmare, rezultatul final ar putea arăta astfel:

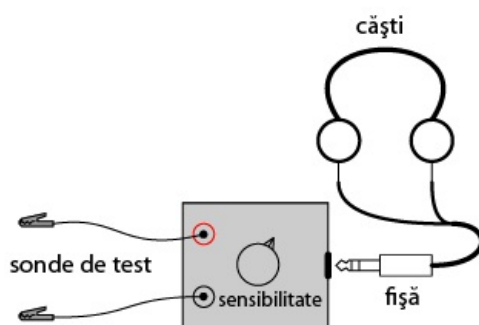


Figure 112: detector audio de semnal; forma finală

### 3.5 Detectarea câpurilor magnetice

#### 3.5.1 Scopul experimentului

Efectele inducției electromagnetice și tehnici de ecranare electromagnetică.

#### 3.5.2 Materiale necesare

Vom avea nevoie de un detector audio cu căști și o bobină de electromagnet. O bobină luată de la un releu electromagnetic sau de la un solenoid (bobină cilindrică fără miez magnetic) este perfectă pentru această aplicație. Circuitul realizat arată astfel:

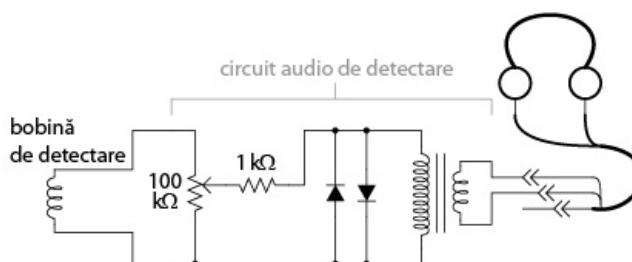


Figure 113: circuit de detectare a câpurilor electromagnetice

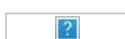


Figure 114: circuit de detectare a câpurilor electromagnetice

#### 3.5.3 Utilizarea detectorului de câpuri electromagnetice



Practic, circuitul a fost deja realizat în secțiunea precedentă, și constă în simpla conectare a unei bobine la ieșirea acestuia (sondele de test). Prin urmare, vom trece direct la explicarea modului de utilizare a unui astfel de detector.

Folosim și în acest caz detectorul audio pentru detectarea tensiunilor de curent alternativ pentru frecvențe audio, detector explicat în secțiunea precedentă. Folosim de asemenea o bobină pentru a detecta câmpurile magnetice de curent alternativ. Tensiunile produse de bobină vor fi destul de mici. Ajustați prin urmare sensibilitatea aparatului la maxim.

Există multe surse de câmpuri magnetice la dispoziție. De exemplu, aduceți bobina în apropierea ecranului unui televizor sau a tabloului de siguranțe. Orientarea bobinei este la fel de importantă precum distanța dintre aceasta și sursa câmpurilor magnetice. Încercați să descoperiți acest lucru singuri! Dacă doriți sunete mai interesante, aduceți bobina în apropierea plăcii de bază a calculatorului vostru, sau în apropierea hard-disk-ului în timp ce copiați ceva. Încercați să nu atingeți însă nicio parte a plăcii de bază, în timp ce calculatorul este în funcțiune, cu oricare dintre părțile metalice expuse ale bobinei de detectare.

O sursă foarte puternică de câmpuri magnetice este transformatorul realizat într-una din secțiunile precedente. O altă sursă o reprezintă circuitul cu bobină variabilă și bec, prezentate de asemenea într-una din secțiunile precedente.

### 3.5.4 Ecranarea bobinelor

Puteți observa din aceste experimente că nu este necesar contactul fizic dintre bobina de detectare și sursa câmpului magnetic: câmpurile magnetice există în spațiul din jurul surselor ce le emit.

Puteți încerca de asemenea să ecranați bobina față de o sursă puternică de câmpuri magnetice folosind diferite materiale. Încercați folie de aluminiu, hârtie, oțel, plastic, sau orice alte materiale ce le aveți la dispoziție. Care din materialele încercate dau cele mai bune rezultate? (cel mai bun rezultat înseamnă cel mai mic zgomot înregistrat cu ajutorul căștilor). De ce? Care unghiuri (orientări) ale bobinei minimizează cuplajul magnetic? (detectarea minimă a semnalului). Ce ne spune acest rezultat legat de poziționarea bobinelor atunci când interferanța dintre circuite nu este dorită?

## 3.6 Detectarea câmpurilor electrice

### 3.6.1 Scopul experimentului

Efectele cuplajului capacitiv (electrostatic) și tehnici de ecranare electrostatică.

### 3.6.2 Materiale necesare

Detector audio cu căști. Circuitul realizat arată astfel:

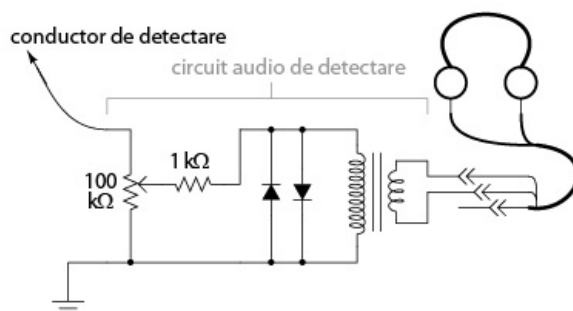


Figure 115: detector de câmpuri electrice

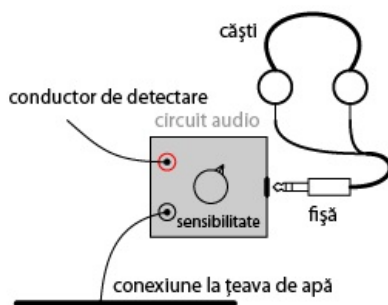


Figure 116: detector de câmpuri electrice

### 3.6.3 Utilizarea detectorului de câmpuri electrice

Conectați una dintre sondele detectorului la un obiect metalic ce se află în contact cu pământul. Aproape orice țeavă de apă din casă este bună pentru acest lucru. Luați cealaltă sondă și apropiați-o de un aparat electrocasnic. Atenție, nu încercați să realizați contactul dintre această sondă și aparatul electrocasnic sau cu orice conductori din interiorul acestuia! Dacă auziți un bâzâit în căști, veți ști că în acea zonă se află un câmp electric.

Țineți conductorul de detectare în apropierea unei surse puternice de câmp electric și încercați diferite poziții ale acestuia. Folosiți o bucată de aluminiu atașată la capătul conductorului pentru maximizarea capacității, și prin urmare, a abilității acestuia de interceptare a câmpurilor electrice.

Folosiți apoi diferite materiale pentru ecranarea conductorului față de o sursă de câmp electric. Ce materiale dau cele mai bune rezultate? Cum se compară acest lucru cu experimentul precedent (detectarea câmpurilor magnetice)?

## 3.7 Circuit de detectare a defazajului

### 3.7.1 Scopul experimentului

Exemplificarea faptului că însumarea tensiunilor de curent alternativ nu se realizează algebric, ci vectorial (fazorial).

### 3.7.2 Materiale necesare

Veți avea nevoie de o sursă de tensiune de ca, doi condensatori de 0,1  $\mu\text{F}$  fiecare, nepolarizați și două rezistențe de 27  $\text{k}\Omega$ . Este indicat să folosiți condensatori ceramici sub formă de disc, întrucât nu sunt sensibili la polaritatea tensiuni (nepolarizați), sunt ieftini și durabil. Evitați condensatorii marcați cu orice tip de polaritate, întrucât aceștia se vor distruge dacă îi alimentați în curent alternativ.

Author: Mihai Olteanu

Created: 2019-05-11 Sat 14:16

[Validate](#)