

Mitică-Iustinian NEACĂ
Andreea-Maria NEACĂ

Mitică-Iustinian NEACĂ
Andreea-Maria NEACĂ

Electronică analogică



Editura UNIVERSITARIA
Craiova, 2020

Referenți științifici:

Prof.dr.ing. Lucian MANDACHE
Conf.dr.ing. Jenica-Ileana CORCĂU

Copyright © 2020 Editura Universitaria
Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
NEACĂ, IUSTINIAN

Electronică analogică / Mitică Iustinian Neacă, Andreea-Maria Neacă. -
Craiova : Universitaria, 2020
Conține bibliografie
ISBN 978-606-14-1580-9

I. Neacă, Andreea-Maria

621.3

© 2020 by Editura Universitaria

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

PREFAȚĂ

Lucrarea de față prezintă principalele dispozitive semiconductoare utilizate în cadrul electronicii analogice și aplicații specifice ale acestora. Ea își propune o prezentare bazată pe relații matematice simple, ingineresti, insistând pe prezentarea fenomenelor fizice care stau la baza construcției și funcționării componentelor și circuitelor electronice.

Volumul poate fi utilizat ca suport de curs pentru facultățile de profil electric, unde timpul alocat studiului electronicii nu permite aprofundarea cunoștințelor prin apelarea la modelări matematice complexe. În timp ce un matematician are ca deziderat permanent „precizia” și pentru aceasta apelează la calcule exacte și precise care de multe ori îl îndepărtează de fenomen, inginerul urmărește înțelegerea și modelarea fenomenului prin descoperirea aproximației funcționale optime. Cartea se poate dovedi extrem de utilă specialiștilor și tuturor celor care doresc să înțeleagă și să aprofundeze domeniile electrotehnicii și electronicii.

Studiul propriu-zis al componentelor și circuitelor electronice este precedat de două capitole pe care autorii le-au inclus cu scopul de a veni în sprijinul cititorilor care au cunoștințe mai reduse în profil electric.

*Primul dintre ele, intitulat „**Scurt istoric sau introducere în electronică**” trece în revistă principalele etape, descoperiri și personalități care au contribuit la evidențierea și utilizarea electromagnetismului. În finalul său sunt prezentate foarte pe scurt istoria dezvoltării electronicii bazate pe tuburi electronice cu vid și istoria dezvoltării electronicii bazate pe semiconductoare. Sunt marcate momentele de cotitură care au reprezentat salturi calitative în ceea ce înseamnă dezvoltarea componentelor și circuitelor electronice.*

*Capitolul 1 este intitulat „**Noțiuni fundamentale necesare**”. Prin oferirea unei serii de cunoștințe de ordin general, acest capitol este menit să creeze limbajul necesar și premisele înțelegerii capitolelor următoare. Sunt prezentate pe scurt noțiuni generale privind: curentul continuu și de curent alternativ, formele de undă, rețelele capacitive și inductive, transformatoare, surse de alimentare și oscilatoare. De asemenea sunt prezentate noțiunile de bază pentru: rezonanță, adaptarea de impedanță, generarea formelor de undă, redresarea și filtrarea, modulația de amplitudine și frecvență și modulația impulsurilor. Partea finală a Capitolului 1 este consacrată prezentării noțiunilor privind structura materialelor pe care autorii le consideră indispensabile în vederea înțelegerii și asimilării principiilor de construcție și mai ales de funcționare a componentelor electronice. Sunt prezentate noțiuni generale legate de materialele*

conductoare și izolante și mai ales noțiuni specifice materialelor semiconductoare.

Capitolul 2 este consacrat prezentării exhaustive a principalelor componente electronice. Autorii preferă denumirea de componentă electronică în loc de dispozitiv electronic, bazat pe faptul că o astfel de „piesă” poate fi utilizată foarte rar singură, ea reprezentând de obicei o componentă a unui circuit realizat în tehnică discretă sau integrată. În capitolul „**Componente electronice**” sunt studiate: diodele semiconductoare, tranzistoarele bipolare, tranzistoarele cu efect de câmp, dispozitivele optoelectronice, dispozitivele semiconductoare pentru circuitele de comandă, dispozitivele semiconductoare multijoncțiune și amplificatoarele operaționale. Deși a existat o mare tentație ca la fiecare tip de componentă electronică să prezentăm și câteva aplicații simple, am încercat să reducem pe cât posibil aceste aplicații în cadrul capitolului 2 și le-am transferat în capitolul următor.

Capitolul 3, „**Circuite electronice**”, prezintă pe larg câteva clase de aplicații specifice electronicii analogice. Având în vedere că domeniul este extrem de vast și pentru a păstra atributele unei cărți ce poate fi utilizată drept curs universitar, autorii au inclus în acest capitol doar principalele clase de circuite electronice analogice. Capitolul prezintă pe larg: amplificatoarele cu tranzistoare bipolare, circuitele electronice bazate pe amplificatoare operaționale, circuitele de redresare, circuitele stabilizatoare de tensiune, oscilatoarele și generatoarele de semnal și filtrele pasive și active. Deși de multe ori sunt realizate cu componente discrete, s-a renunțat din motive de spațiu, la tratarea convertoarelor statice și a surselor în comutație.

Autorii speră că au reușit să facă din această carte un instrument de lucru de reală utilitate pentru viitorii și actualii electroniști. Nutrim de asemenea convingerea că lucrarea va reuși să trezească interesul pentru electronică în rândul tinerilor, permițându-le să înțeleagă și să-și explice măcar parțial lumea bazată pe aplicații ale electronicii în care trăiesc.

Autorii

SCURT ISTORIC SAU INTRODUCERE ÎN ELECTRONICĂ

Astăzi, știința și tehnologia în general și dezvoltarea electronicii în special, face computerele să funcționeze. Aceste aparate execută calcule complexe în fracțiuni de secundă și care cu ceva timp în urmă presupuneau ore întregi de lucru cu cifrele. Dar pasul de la magnetism la electricitate și electronică a fost uriaș.

Această dezvoltare a permis umanității să lanseze vehicule spațiale care iau mostre de pe planete depărtate și ne transmit imagini.

Se poate afirma fără teama că vom greși că electronica a devenit un adevărat motor al dezvoltării, că ea este cea care impune ritmul alert în care se succedă progresele pe care le face umanitatea.

O scurtă privire în jurul nostru ne va evidenția faptul că suntem înconjurați de dispozitive și montaje electronice, fie ca ne referim la radio, la televizor, calculator electronic sau telefon mobil. Dar nu numai aceste aparate care sunt electronice prin excelență înglobează electronică. Astăzi toate aspiratoarele au încorporate regulatoare de turație a motorului, mașinile de spălat rufe moderne au programatoare electronice, până și banalele becuri cu incandescență urmează a fi treptat înlocuite cu becurile economice, care conțin în interior montaje electronice și cu becurile cu LED-uri. Întrerupătoarele clasice sunt înlocuite cu variatoare electronice ale intensității luminoase sau de întrerupătoare de tip touch, prăjitoarele de pâine au temporizatoare electronice și exemplele ar putea continua încă multă vreme.

Pe lângă aceste aplicații casnice ale electronicii trebuie însă remarcate aplicațiile industriale, fie că sunt în domeniul producției industriale (mașini automate, cu comandă program, etc.), fie că fac parte din dispozitivele utilizate sau rezultate din activitățile de cercetare științifică.

Busola

Utilizarea busolei nu mai reprezintă o noutate. Acest dispozitiv realizat dintr-un material feros are poli magnetici permanenți. Lăsat liber, el se orientează în spațiu, astfel încât unul dintre capete să arate Nordul și celălalt Sudul. Mai târziu experimentele au arătat că polii magnetici identici se resping și polii diferiți se atrag și acest concept stă la baza magnetismului.

Busolele au fost folosite de comandanții militari în timpul Dinastiei Han , o grupare conducătoare care a consolidat China. Abia în secolul al XIII-lea navigatorii chinezi au folosit busola pentru prima dată. Ei până atunci descoperiseră că un ac poate fi magnetizat și folosit într-o busola prin frecarea lui cu o piatră minereu magnetic.

Navigatorii arabi au văzut avantajele busolei, le-au adaptat și le-au adus în Europa. Acest instrument de navigație a contribuit la marea perioadă de explorare europeană. Pentru prima dată mării navigatori au putut ușor să-și găsească calea pe mari fără să se ghideze după țărnam. Cristofor Columb a folosit fără îndoială busola când a părăsit Spania încercând să găsească o cale, o ruta mai ușoară pentru a ajunge în India. Aceasta a dus la descoperirea Americii.

William Gilbert

Studiul efectelor magnetismului au continuat dar nu s-au făcut progrese remarcabile până la William Gilbert (1544÷1603). El a trăit în Anglia în timpul lui Shakespeare și a fost unul din medicii reginei Elisabeta. Ca și mulți alți medici ai vremii sale, Gilbert a fost deosebit de interesat de magnetism . El a ajuns la concluzia că din moment ce magnetismul avea efecte asupra obiectelor, el putea avea puteri vindecătoare și pentru corpul uman.

A descoperit că multe substanțe alături de chihlimbar puteau atrage obiecte foarte ușoare dar nu toate puteau atrage obiectele în același mod. Lui i se datorează și alte descoperiri importante realizate în timpul studiilor sale, de exemplu, că nu căldura degajată prin frecare făcea chihlimbarul să atragă obiecte foarte ușoare ci altceva datorat frecării.

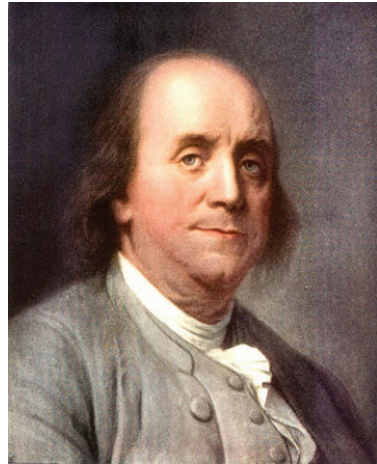


William Gilbert

Benjamin Franklin

Benjamin Franklin (1706÷1790) era curios cu privire la orice, fiind una dintre cele mai cunoscute personalități din istoria Statelor Unite. Oricare dintre următoarele fapte l-ar fi făcut faimos oricum: a organizat prima bibliotecă din America, a fost un inventator care a creat multe obiecte, care sunt indispensabile astăzi, printre care se pot menționa ochelarii bifocali și paratrăsnetul, și i-a uimit pe oamenii de știință din toată lumea cu experimentele sale din domeniul electricității.

Ca rezultat al propriilor experimente Franklin a concluzionat ca existau doua tipuri de electricitate : pozitivă sau plus(+) și negative sau minus(-). A spus ca electricitatea nu a fost creată prin frecarea unui tub de sticla ci era doar transferată. El a continuat cu afirmația că atunci când un obiect neelectrizat era frecat făcea unul dintre două lucruri: ori câștiga electricitate și ajungea la starea pozitivă ori pierdea ceva din fluidul electric lăsând obiectul într-o stare negativă. Aceasta idee ca electricitatea putea fi creată sau distrusă s-a dovedit a fi foarte importantă.



Benjamin Franklin

Când Franklin a auzit că un european a reușit să stocheze electricitate în niște tuburi speciale, a cumpărat niște tuburi din acelea, și-a construit un laborator în casa sa. A realizat multe experimente și a publicat o carte despre electricitate. Pe principiile sale se bazează Teoria Electricității moderne. A trimis rezultatele experimentelor sale unor oameni de știință din Anglia și Franța, care au fost impresionați și a fost ales membru al Royal Society în 1756 și a primit "Copley Medal". În 1773 a fost ales ca unul din cei opt asociați străini ai Academiei Regale de Științe din Paris.

Franklin și-a dat seama că fulgerul este o descărcare electrică din nori. În cartea sa a sugerat un experiment pentru a testa aceasta. Cu ajutorul fiului său William, Franklin a realizat acest experiment în 1752. Cei doi au mers într-un câmp în timpul unei furtuni și au înălțat un zmeu de hârtie. În partea de sus a zmeului el a poziționat un cablu îndreptat spre cer. La celalalt capăt al frânghiei a legat o cheie metalică. Atunci când a început sa plouă ațta udă a început sa conducă electricitatea spre cheie. Văzând o scânteie, teoria lui era demonstrată. A fost un noroc pentru Franklin ca nu s-a produs atunci și fulgerul.

Franklin era și un om practic pe lângă un bun teoretician, inventând paratrăsnetul pentru a apăra clădirile de fulgere.

Alessandro Volta

Alessandro Volta (1745-1827) profesor de fizică la universitatea italiana din Pavia, a avut o idee diferită cu privire la originea electricității. Volta este cunoscut ca și inventatorul pilei voltaice, în mod obișnuit cunoscuta sub numele de baterie. Pe data de 20 martie 1800 Volta a trimis o scrisoare in societatea regala din Londra descriind descoperirea sa. El a creat un ansamblu din zinc și discuri de cupru cu hârtie sau discuri de piele între ele. Volta a umezit discul din mijloc într-o soluție sărată sau acid ușor

precum oțetul sau sucul de lămâie. El a construit un ansamblu înalt alternând zincul, hârtia și discurile de cupru și a demonstrat prezenta tensiunii electrice

Coulomb și Faraday

Charles-Augustin de Coulomb (1736÷1806) a fost prima persoană care a măsurat cantitatea de electricitate și magnetism generate într-un circuit. Până atunci numai fluxul de electricitate nu și cantitatea au putut fi detectate. El a fost preocupat de găsirea unor instrumente pentru măsurarea cantităților electrice. Charles Augustin de Coulomb a inventat o balanță de torsiune pentru a măsura cu precizie forța exercitată de sarcinile electrice. Cu acest aparat el a confirmat observațiile lui Priestley și a arătat că forța dintre două sarcini e proporțională cu produsul sarcinilor.



Charles-Augustin de Coulomb

Michael Faraday (1791÷1867) a fost un fizician și chimist englez.. Când Faraday a ajuns la vârsta de 29 de ani el a început o serie de experimente in ce privește legătura dintre electricitate și magnetism. Munca lui de pionierat a constatat în a înțelege cum se propagă curenții electrice . Experimentele sale au stat la baza multor invenții practice precum motorul, generatorul, transformatorul, telegraful și telefonul, dar acestea au apărut cu 50 pana la 100 de ani mai târziu. Lui Faraday îi datorăm cuvinte precum : electrod, anod, catod și ion ca sa descrie munca lui. Noi încă folosim acești termeni astăzi în electricitate și electronică.



Michael Faraday

Electronica este o ramură a științelor tehnice care studiază fenomenele legate de mișcarea electronilor în corpuri solide sau în vid și aplicațiile practice ale acestor fenomene. Electronica s-a individualizat ca disciplină de sine stătătoare, desprinsă din electrotehnică, în jurul anului 1900. Termenul ca atare a apărut în 1904 în titlul almanahului "Järbuch der Radioactivität

und Elektronik". În urma unei dezvoltări explozive, electronica a ajuns să marcheze toate activitățile umane, constituind un factor esențial al civilizației secolului XX.

Procesul de constituire a acestei discipline a fost lung și laborios. Au existat două tehnologii total diferite care au marcat dezvoltarea electronicii: tehnologia tuburilor cu vid și tehnologia materialelor semiconductoare.

În continuare se prezintă câteva momente cruciale din acest proces.

Dezvoltarea tuburilor electronice cu vid

- 1859: **J. Plücher** observă radiațiile catodice din tuburile cu descărcări electrice în gaze de joasă presiune;
- între 1869÷1890 se reușește obținerea, focalizarea și deflexia fasciculelor de electroni, fără a se lămuri însă natura lor;
- 1883: **T.A. Edison**, lucrând la perfecționarea lămpilor cu incandescență, descoperă emisia termoelectronică (stabilirea unui curent între filamentul încălzit și un electrod suplimentar, la aplicarea unei tensiuni) fără a sesiza însă implicațiile descoperirii sale;
- 1897: lordul **J.J. Thomson** definește electronul ca fiind o particulă elementară stabilă încărcată cu sarcina electrică elementară negativă ($e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$) și având masa de repaus egală cu a 1837-a parte a masei atomului de hidrogen ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$);
- 1897: **K. F. Braun** inventează tubul cu radiație catodică, dispozitiv care va marca profund dezvoltarea aparatului electronic;
- 1904: **John Fleming** inventează dioda redresoare cu vid;
- 1906: **Lee de Forest** inventează trioda cu vid, primul dispozitiv electronic amplificator, prin adăugarea la diodă a unui electrod suplimentar de comandă;
- 1912: **E.H. Armstrong** obține oscilații controlate prin aplicarea reacției pozitive.

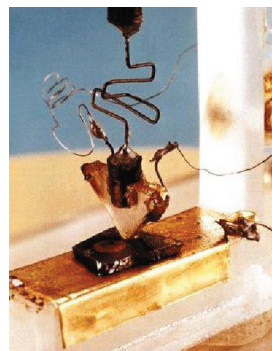
Din acest moment a început o dezvoltare impresionantă a echipamentelor electronice, mai ales din domeniul telecomunicațiilor, bazate pe tuburi tot mai complicate (tetroda în 1925, pentoda în 1926, etc.). Ca vârfuri ale realizărilor acestei epoci pot fi menționate sistemele de radiocomunicații și televiziune, radarul bazat pe tuburi cu microunde și chiar unele dintre primele calculatoare electronice.

Dintre aceste realizări se mai mențin în actualitate doar tuburile catodice (CRT- Cathode Ray Tube) și tuburile pentru microunde (clatronul, magnetronul, etc.).

Dezvoltarea electronicii bazate pe semiconductoare

- 1833: **Michael Faraday** observă creșterea conductivității sulfurii de argint cu temperatura, fenomen inexplicabil la acea dată;
- 1874: **K.F. Braun** obține prima diodă redresoare de tip metal-semiconductor, cu sulfură de plumb (galenă);
- 1888: **W. Halwach** evidențiază efectul fotoelectric;
- 1905: **Albert Einstein** explică efectul fotoelectric;
- 1926: **Erwin Schrödinger** oferă un model teoretic al stărilor electronilor;
- 1930: **J.E. Lilienfeld** (urmat de **O. Heil**) concep tranzistorul cu efect de câmp, care vor fi realizat fizic abia cu zeci de ani mai târziu, din cauza barierelor tehnologice;
- 1931: **A.H. Wilson** enunță principiile fundamentale ale semiconductoarelor.

Problema centrală a epocii, realizarea “triodei semiconductoare” (a tranzistorului), capabilă să amplifice semnale electrice, a fost rezolvată de firma americană Bell. Spre deosebire de tendința generală orientată spre oxidul de cupru, ei s-au concentrat asupra siliciului, sesizând importanța impurificărilor controlate asupra comportării sale electrice. Astfel în 1940 R.S. Ohl a reușit creșterea primei joncțiuni p-n cu siliciu.



Primul tranzistor cu joncțiuni

Primul dispozitiv semiconductor amplificator, tranzistorul bipolar cu germaniu cu contacte punctiforme, a fost realizat între 1945÷1948 de către un colectiv condus de **W. Shockley, J. Bardeen și W. H. Brattain**, recompensați în 1956 cu Premiul Nobel pentru fizică.

În continuare dispozitivele electronice semiconductoare s-au dezvoltat continuu, unele repere temporale fiind:

- 1949: realizarea tranzistoarelor bipolare cu joncțiuni, de către **W. Shockley**;
- 1956: primele tiristoare;
- 1958: primele tranzistoare cu efect de câmp;
- 1958: **Texas Instruments** și **Fairchild Semiconductors** realizează primele circuite integrate;
- 1971: **Intel** lansează microprocesoarele 4004.

Eta actuală se caracterizează prin diversificarea și o rafinare a tehnologiilor, care reușesc să înglobeze chiar și elemente de inteligență artificială. Miniaturizarea a atins nivelul amplificatoarelor moleculare (Universitatea Toulouse).

Obiectivele esențiale ale electronicii sunt prelucrarea energiei și a informației. Problemele aplicative provin din cele mai diverse domenii de activitate: calculul electronic, măsurarea mărimilor electrice și neelectrice, transformarea și controlul energiei, automatizările industriale, telecomunicațiile, electronica medicală, etc. De aceea electronica s-a structurat în mai multe discipline cu specific teoretic sau aplicativ: Tehnologia dispozitivelor electronice, Tehnologia circuitelor integrate, Semnale circuite și sisteme, Măsurări și transductoare, Electronica industrială, Tehnica microundelor, etc.

Din electronică s-au desprins la rândul lor, unele discipline științifice fundamentale sau aplicative: Teoria sistemelor, Automatica, Informatica și știința calculatoarelor, Inteligența artificială, etc.

Capitolul 1

NOȚIUNI FUNDAMENTALE NECESARE

În vederea asigurării unei înțelegeri facile și corecte a noțiunilor specifice domeniului electronicii, este necesar ca cei care utilizează această carte să dețină o serie de cunoștințe fundamentale de electricitate, materiale electrotehnice, matematică, fizică, etc. De aceea am decis includerea acestui capitol menit să actualizeze astfel de informații fundamentale și necesare în conștiința cititorului.

Această carte se adresează studenților care nu urmează specializări specifice domeniului „Electronică și telecomunicații” și conține elemente de tehnologie a dispozitivelor electronice, calcul al circuitelor electronice și aplicații fundamentale ale electronicii industriale.

Sunt prezentate dispozitivele și circuitele electronice fundamentale ce intervin în prelucrarea electronică a semnalelor analogice. Termenul de "electronic" este asociat mecanismului electronic de conducție electrică.

Prin componentă electronică se înțelege realizarea fizică a unui element electric individual, într-un corp fizic independent, care nu poate fi redus mai departe sau divizat, fără a distruge posibilitatea de a îndeplini funcția pentru care a fost realizat. Componentele electronice se împart în două categorii: pasive și active.

Componentele pasive sunt elemente disipative (consumă putere activă și o transformă în căldură) și nu pot controla fluxul de energie dintr-un circuit electric. Ex.: rezistoare, condensatoare, bobine de inductanță, transformatoare etc. Circuitele formate numai din componente pasive nu pot efectua cea mai importantă funcție electronică: amplificarea. Aceasta poate fi realizată de componentele active, care sunt elemente care pot comanda sau modula fluxul de energie dintr-un circuit. Ex.: tranzistoare, tuburi cu vid sau cu gaz, dispozitive optoelectronice etc. Uzual, pentru componentele pasive se folosește termenul de "componente", iar pentru cele active, termenul de "dispozitive". Dispozitivele electronice se bazează pe controlul mișcării purtătorilor de sarcină în corpul solid (de regulă în semiconductoare), în gaze sau în vid.

Circuitele electronice sunt acele circuite electrice care folosesc dispozitive electronice. Ele realizează diverse funcții electronice: amplificarea, redresarea, stabilizarea tensiunii, generarea de oscilații armonice, modularea, demodularea etc.

Circuitele electronice se împart în două categorii:

- **circuite digitale** (numerice, logice): acele circuite care prelucrează semnale binare, adică semnale care pot avea numai două valori (0 sau 1);
- **circuite analogice**: circuitele la care semnalul de ieșire variază continuu în timp, urmărind după o anumită lege variația semnalului de intrare. După natura funcției de transfer, adică a relației dintre mărimea de intrare și cea de ieșire, circuitele analogice se împart în circuite liniare și neliniare.

Dispozitivele electronice sunt în general neliniare, dar ele pot fi considerate suficient de liniare în domeniul de funcționare limitate.

Un circuit integrat este o unitate constructivă inseparabilă de microelemente interconectate, plasate în volumul sau pe suprafața unui substrat comun. Tehnologic, ele pot fi realizate sub formă monolitică sau sub formă hibridă. Cele monolitice se obțin integral pe aceeași plăcuță ("cip") de material semiconductor. Cele hibride conțin și unele elemente neintegrabile (condensatoare și inductanțe mari).

1.1 Curentul continuu

Materia este formată din mici particule numite atomi. Acești atomi sunt ei înșiși compuși din particule mai mici numite electroni, care se învârtesc în jurul unui nucleu central compus dintr-unul sau mai mulți protoni și neutroni. Electronii sunt particule negative, în timp ce protonii sunt pozitivi, iar neutronii sunt neutri.

Dacă într-un punct A (figura 1.1) există un exces de electroni în comparație cu un punct B, se spune că există o diferență de potențial, sau o tensiune între punctele A și B. Dacă se folosește un conductor, pentru a conecta punctele A și B, electronii în exces din A vor începe să se scurgă către B. Acest flux de electroni poartă numele de curent electric. Punctul A, cu electroni în exces este descris ca având potențial negativ și punctul B este descris ca având potențial pozitiv [DIN_1].

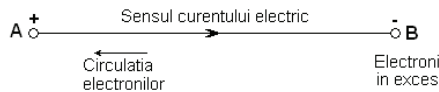


Fig.1.1. Curentul continuu

Deși electronii se deplasează de la electrodul negativ către electrodul pozitiv, se spune despre curentul electric că circulă de la pozitiv la negativ. Această convenție a apărut în vremuri în care curentul electric nu era pe deplin înțeles. În continuarea acestei cărți se va folosi convenția obișnuită pentru curgerea curentului electric (de la pozitiv la negativ).

Diferența de potențial (tensiunea) se notează cu U sau V și se măsoară în volți. Curentul electric se notează cu I și se măsoară în amperi. Rezistența electrică se notează cu R și se măsoară în Ω .

Legea lui Ohm

O rezistență limitează prin definiție trecerea curentului electric. Valoarea curentului pe care o rezistență îl permite să treacă depinde atât de valoarea rezistenței cât și de diferența de potențial între capetele ei (figura 1.2).

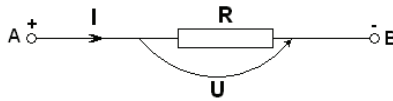


Fig.1.2. Comportarea rezistenței în circuit

Cu cât rezistența este mai mare, cu atât curentul este mai mic. Pe de altă parte, cu cât tensiunea este mai mare, cu atât curentul este mai mare. Relația este cunoscută ca **legea lui Ohm**:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.1)$$

De aici rezultă:

$$U = R \cdot I \quad \text{sau} \quad R = \frac{U}{I}$$

1.1.1 Transfigurarea circuitelor pasive de curent continuu

Sunt numeroase situațiile în care în cadrul circuitelor electronice, lucrând în c.c. apar rezistențe electrice conectate în diverse moduri. Atunci când pentru un astfel de circuit se poate separa o zonă care nu conține surse de alimentare (este formată doar din componente pasive de tip rezistiv) se poate recurge la o simplificare a circuitelor și implicit a calculelor aferente. Aceasta se realizează pe baza transfigurării circuitelor rezistive. Subliniem că atunci când o latură de circuit conține și surse de tensiune sau de curent, nu poate fi considerată ca făcând parte dintr-o rețea pasivă și regulile de transfigurare aplicabile sunt cele de la rețelele active.

Rezistențe în serie

R_1 și R_2 sunt două rezistențe conectate în serie (figura 1.3.(a)). Tot curentul care circulă prin rezistența R_1 trebuie să treacă, de asemenea, și prin rezistența R_2 . Prin urmare, rezistențele în serie sunt parcurse de același curent. Tensiunile lor sunt însă diferite.