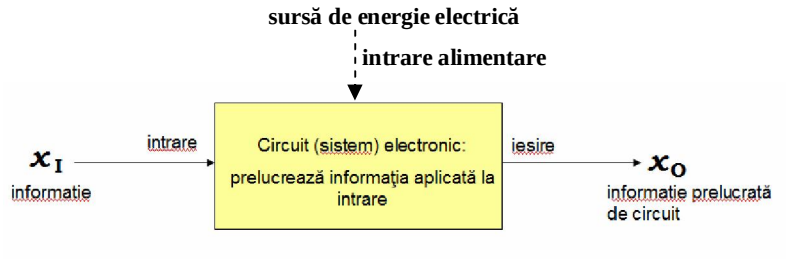
1. Reprezentarea sistemelor electronice sub formă de schemă bloc

În figura de mai jos, se prezintă schema de principiu a unui circuit (sistem) electronic.



Circuitul (sistemul) are o intrare (sau mai multe), la care se aplică informaţia care urmează a fi prelucrată, notată generic cu $\mathbf{x_I}$. Această informaţie este prelucrată de către circuit, iar rezultatul obţinut în urma prelucrării este este furnizat la ieşirea circuitului (ieşirile) circuitului (sistemului) sub forma informaţiei prelucrate, notate $\mathbf{x_O}$. Marea majoritate a sistemelor electronice au nevoie pentru buna lor funcţionare de o sursă de energie electrică, care se aplică pe intrarea de alimentare.

2. Mărimi electrice utilizate în sisteme electronice

Într-un sistem electronic, mărimile electrice sunt utilizate pentru codarea şi transmiterea informaţiei. Uzual, informaţia este codată prin intermediul tensiunii electrice, respectiv a curentului electric.

a. Curentul electric: generarea unui curent electric necesită deplasarea ordonată a sarcini electrice prin intermediul unui material conductor. Deplasarea ordonată a sarcinii electrice implică existenţa unei **diferenţe de potenţial electric** între 2 puncte A şi B ale conductorului respectiv. Diferenţa de potenţial electric poate fi generată prin utilizarea unei surse de energie electrică, care, în Figura 1 este reprezentată printr-o baterie:

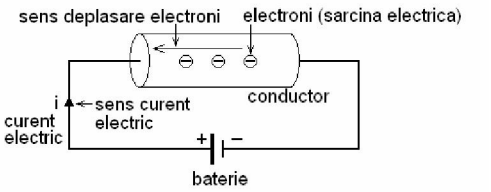


Figura 1. Apariţia unui curent electric printr-un conductor.

Expresia curentului electric, notat uzual cu litera **i**, este prezentată în relaţia 1.1:

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad 1.1$$

iar unitatea de măsură a curentului electric este **amperul**, notat **A**. Curentul electric are întotdeauna un sens, care este orientat în sensul opus deplasării electronilor prin conductor.

Observaţii:

1. din relaţia 1.1 se remarcă faptul că dacă sarcina electrică **q** este constantă în timp într-o anumită arie a conductorului, atunci curentul electric **i** prin conductorul respectiv este egal cu 0[A] (derivata unei constante este nulă).

2. sarcina electrică **q** este constantă în timp într-o anumită arie a conductorului, dacă aceasta nu este deplasată ordonat (după o direcţie) în structura conductorului;

3. sarcina electrică **q** nu este deplasată ordonat într-o anumită arie a conductorului, dacă conductorul respectiv NU este alimentat de la o sursă de energie electrică (baterie).

Concluzie: în absenţa unei surse de energie electrică, curentul electric printr-un conductor (şi generalizând, printr-un sistem electronic) este egal cu 0[A].

b. Tensiunea electrică: este egală cu diferenţa de potenţial electric dintre 2 puncte (noduri) diferite ale unui circuit electronic, aşa cum este sugerat în Figura 2:

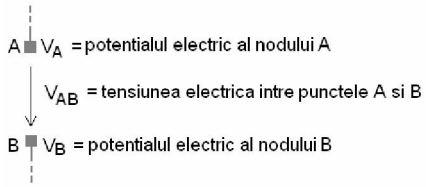


Figura 2. Tensiunea electrică între punctele A şi B.

Expresia tensiunii electrice, notate uzual cu litera **v** (sau **u**), este prezentată în relaţia 1.2:

$$v_{AB} = V_A - V_B \qquad 1.2$$

iar unitatea de măsură a curentului electric este voltul, notat **V**. Tensiunea electrică este simbolizată grafic cu o săgeată, sensul săgeţii fiind corelat cu ordinea termenilor din relaţia 1.2, adică, tensiunea $\mathbf{v_{AB}}$ are sensul de la nodul A (primul termen al relaţiei 1.2) spre nodul B (al 2lea termen al relaţiei 1.2).

Observaţie. Tensiunea electrică între două puncte A şi B care au acelaşi potenţial electric, este egală cu **0[V]** (dacă $\mathbf{v_A=v_B}$, atunci conform relaţiei (2) $\mathbf{v_{AB}=0[V]}$).

3. Tipuri de sisteme electronice

Din punct de vedere a reprezentării în timp a informaţiei (informaţia este codată prin intermediul tensiunii electrice sau a curentului electric), sistemele electronice se împart în două mari categorii:

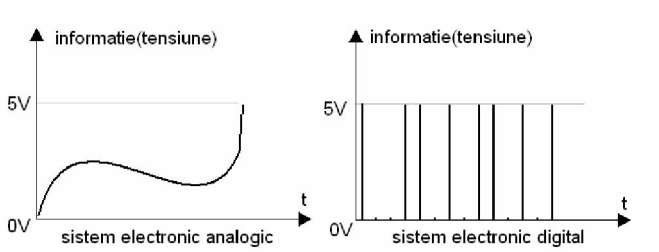


Figura 3. Modul de reprezentare a informaţiei (tensiunea electrică) în cele 2 tipuri de sisteme electronice.

A. sisteme electronice analogice: informaţia este reprezentată în timp într-un format continuu, putând lua o infinitate de valori dintr-un anumit domeniu de valori. De exemplu, într-un sistem electronic în care informaţia este codată prin intermediul tensiunii electrice, tensiunea electrică (informaţia) poate lua oricare valoare în intervalul 0÷5[V], într-un anumit interval de timp. Exemple de sisteme electronice analogice: amplificatoare de tensiune, oscilatoare, stabilizatoare de tensiune, redresoare de tensiune, filtre analogice, etc.

B. sisteme electronice digitale: informaţia este reprezentată în timp într-un format discret, putând lua valori numai dintr-o mulţime finită de valori (uzual, mulţimea de valori are doar 2 elemente, iar sistemele respective sunt binare), într-un anumit domeniu de valori. De exemplu, într-un sistem electronic în care informaţia este codată prin intermediul tensiunii electrice, tensiunea electrică (informaţia) poate lua doar două valori **0[V]** şi **5[V]** într-un interval de timp (aceste valori definesc aşa numiţii biţi; bitul 0 poate fi codat printr-o tensiune egală cu 0[V], iar bitul 1 poate fi codat codat printr-o tensiune egală cu 5[V]). Exemple de sisteme electronice digitale: microprocesoare, microcontrolere, procesoare digitale de semnal, etc.

C. sisteme electronice mixte: informaţia este reprezentată în timp atât în format discret, cât şi în format continuu.

4. Elemente de circuit - sunt elementele care compun un circuit electronic.

Elementele de circuit se pot clasifica în două mari categorii:

- surse de energie electrică: au rolul de a furniza în circuit energia electrică necesară bunei funcţionări a acestuia;
- componente electronice: au rolul de a implementa funcţiile utilizate în procesare informaţiei (tensiunii electrice sau a curentului electric). În continuare, componentele electronice se pot împărţi în două subcategorii:
    - componente electronice pasive: aceste componente nu necesită surse de energie electrică pentru buna lor funcţionare; totodată, nu pot mări valoarea puterii electrice în circuit; exemple: rezistorul, condensatorul, bobina.
    - componente electronice active: aceste componente necesită surse de energie electrică pentru buna lor funcţionare; totodată, unele componente electronice active pot mări valoarea puterii

electrice în circuit; exemple: tranzistorul, dioda (dioda nu este capabilă să crească valoarea puterii electrice în circuit, dar, pentru funcţionare necesită o sursă de energie electrică).

I. Surse (generatoare) de energie electrică: se împart în două categorii:

A. Surse de energie independente: valorile mărimilor electrice generate (tensiune sau curent) NU depind de alte mărimi electrice din circuit.

B. Surse de energie dependente (sau comandate): valorile mărimilor electrice generate (tensiune sau curent) depind de alte mărimi electrice din circuit.

A. Surse de energie independente (sunt simbolizate în circuitele electronice prin cerc):

Surse de tensiune ideale: tensiunea generată între borne nu depinde de curentul electric solicitat sursei de către circuitul la care aceasta este conectată.

Surse de curent ideale: curentul generat la borne nu depinde de tensiunea electrică solicitată sursei de către circuitul la care aceasta este conectată.

Aceste surse pot fi **continue** sau **variabile**.

Surse continue: valoarea mărimii electrice generate **nu** se modifică în timp:

sursă de tensiune continuă,

sursă de curent continuu.

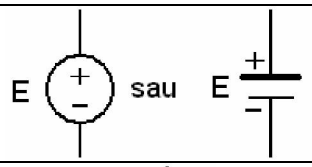
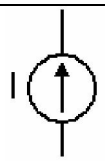
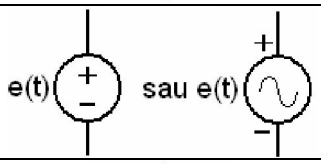
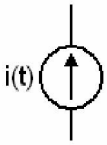
Surse variabile: valoarea mărimii electrice generate **se modifică** în timp după o lege:

sursă de tensiune variabilă,

sursă de curent variabil.

Simbolurile electronice ale surselor comandate sunt prezentate în Tabelul 1:

Tabelul 1. Simbolurile surselor independente.

Sursă de tensiune continuă		**E = const.** Exemplu: E=10[V]
Sursă de curent continuu		**I = const.** Exemplu: I=2[mA]
Sursă de tensiune variabilă		**e(t) = variabil** Exemplu: e(t)=1×sin(t) [V]
Sursă de curent variabil		**i(t) = variabil** Exemplu: i(t)=1×sin(t) [mA]

B. → **Nu se cere** **Surse de energie dependente** (sau **comandate** - sunt simbolizate în circuitele electronice prin romb): se clasifică în patru tipuri, în funcţie de mărimea electrică generată, respectiv mărimea electrică de comandă).

a. Sursă de tensiune, comandată în tensiune: este caracterizată de ecuaţia de funcţionare 1.5:

$$v_{out} = A_V \cdot v_{in} \qquad 1.5$$

unde:

mărime electrică generată: tensiunea $\mathbf{v_{out}}$

mărime electrică de comandă: tensiunea $\mathbf{v_{in}}$

parametrul $\mathbf{A_V}$ se numeşte câştig în tensiune şi este adimensional.

b. Sursă de tensiune, comandată în curent: este caracterizată de ecuaţia de funcţionare 1.6:

$$v_{out} = A_Z \cdot i_{in} \qquad 1.6$$

unde:

mărime electrică generată: tensiunea $\mathbf{v_{out}}$

mărime electrică de comandă: curentul $\mathbf{i_{in}}$

parametrul **Az** se numeşte transrezistenţă şi are unitatea de măsură a rezistenţei: ohm, notat **Ω.**

c. Sursă de curent, comandată în curent: este caracterizată de ecuaţia de funcţionare 1.7:

$$i_{out} = A_I \cdot i_{in} \qquad 1.7$$

unde:

mărime electrică generată: curentul $\mathbf{i_{out}}$

mărime electrică de comandă: curentul $\mathbf{i_{in}}$

parametrul $\mathbf{A_I}$ se numeşte câştig în curent şi este adimensional.

d. Sursă de curent, comandată în tensiune: este caracterizată de ecuaţia de funcţionare 1.8:

$$i_{out} = A_Y \cdot v_{in} \qquad 1.8$$

unde:

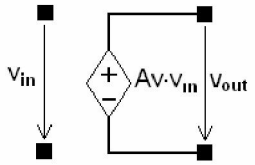
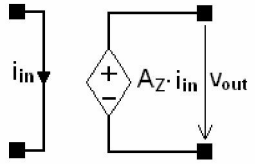
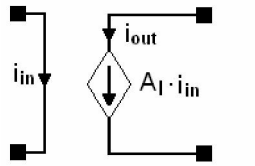
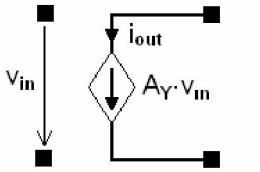
mărime electrică generată: curentul $\mathbf{v_{out}}$

mărime electrică de comandă: tensiunea $\mathbf{v_{in}}$

parametrul $\mathbf{A_Y}$ se numeşte transconductanţă şi are unitatea de măsură a conductanţei: siemens, notat **S.**

Simbolurile surselor comandate sunt prezentate în Tabelul 2:

Tabelul 2. Simbolurile surselor comandate.

Sursă de tensiune, comandată în tensiune	
Sursă de tensiune, comandată în curent	
Sursă de curent, comandată în curent	
Sursă de curent, comandată în tensiune	

5. Componente electronice pasive

a. Rezistorul

Rezistorul este o componentă electronică pasivă, care se opune trecerii curentului electric prin ea, situaţie în care degajă căldură prin efect Joulle. În consecinţă rezistorul limitează valoarea curentului electric care trece prin el, **principalul său rol** într-un circuit electric fiind acela **de a controla valoarea curentului electric**.

Parametrul principal, care caracterizează comportamentul rezistorului la trecerea curentului prin acesta este **REZISTENŢA ELECTRICĂ**, notată cu **R**, care se exprimă în Sistemul Internaţional de Măsură (*SIM*) în Ohmi (Ω).

Clasificarea rezistoarelor

Există mai multe criterii după care rezistoarele se pot clasifica, dintre care, cele mai generale sunt:

1. după variaţia rezistenţei electrice:
   - Ø **rezistoare fixe**: la care valoarea rezistenţei electrice nu se poate modifica de către utilizator;
   - Ø **rezistoare reglabile**: la care valoarea rezistenţei electrice se poate modifica manual, de către utilizator; în continuare, acest tip de rezistoare se pot clasifica în:
     - a. rezistoare variabile (potenţiometrele), respectiv semivariabile;
     - b. reostate.

2. după caracteristica de funcţionare tensiune-curent:
   - Ø **rezistoare liniare**: la care caracteristica tensiune-curent este o dreaptă
   - Ø **rezistoare neliniare**: la care caracteristica tensiune-curent este o curbă

Simbolurile electrice ale rezistoarelor

Simbolul electric al rezistorului fix, precum şi mărimile electrice de terminal ale acestuia sunt prezentate în Figura 4.a, în care prin **i** s-a notat curentul electric prin rezistor, iar prin **v** s-a notat tensiunea electrică care apare între terminalele rezistorului, la trecerea curentului prin acesta.

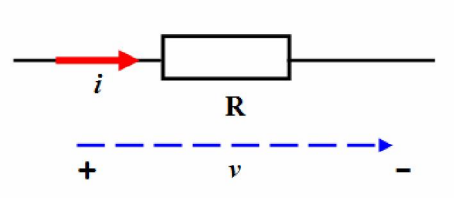


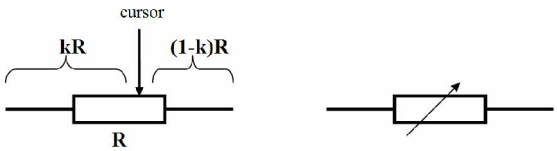
Figura 4.a. Simbolul electric al rezistorului fix şi mărimile electrice de terminal ale acestuia.

În Figura 4.b sunt prezentate diferite exemple de rezistoare fixe, aşa cum se regăsesc acestea ca şi componente discrete (fizice) în circuitele electronice.

Figura 4.b. Exemple de rezistoare fixe discrete.

Simbolurile electrice ale rezistoarelor variable, sunt prezentate în Figura 5.a. Spre deosebire de rezistoarele fixe, care au 2 terminale, rezistoarele variabile, numite şi potenţiometrele, au 3 terminale, cel de-al 3lea terminal fiind denumit cursor. Cursorul este utilizat de către utilizator pentru modificarea manuală, continuă sau în trepte, a valorii rezistenţei electrice, calculate între oricare din cele 2 teminale şi cursor. Astfel, valoarea rezistenţei electrice măsurată între terminalul din stânga şi cursor este egală cu **k·R**, iar valoarea rezistenţei electrice măsurată între terminalul din dreapta şi cursor este egală cu **(1-k)·R**, unde **k** reprezintă o constantă pozitivă subunitară, care depinde de poziţia cursorului.

Utilizarea reostatului este similară cu cea a potenţiometrului. Pentru utilizarea într-un circuit electric, reostatul are doar două terminale la care se poate conecta, dar pentru utilizator, reostatul dispune şi de un al 3lea terminal, cu rol similar cursorului potenţiometrului. În general, reostatul este utilizat în circuite electrice de putere mare.



Simbol standard Simbol alternativ

Figura 5.a. Simbolurile electrice ale rezistoarelor regabile.

În Figura 5.b sunt prezentate diferite exemple de rezistoare reglabile, aşa cum se regăsesc acestea ca şi componente fizice în circuitele electronice.

Potenţiometru Rezistoare semireglabile Reostat

Figura 5.b. Exemple de rezistoare reglabile.

Ecuaţia de funcţionare a rezistorului

Pentru a înţelege modul în care un circuit electronic prelucrează o informaţie, trebuie cunoscut modul în care componentele electronice care compun circuitul respectiv prelucrează informaţia. Modul în care o componentă electronică prelucrează informaţia este descris prin intermediul **ecuaţiei de funcţionare** a componentei respective.

Ecuaţia de funcţionare furnizează o relaţie matematică, care exprimă legătura dintre informaţiile electrice, **curent - tensiune** şi componenta respectivă, reprezentată prin parametrul său electric.

Astfel, în cazul unui rezistor, ecuaţia de funcţionare este reprezentată de o relaţie matematică care furnizează legătura dintre tensiunea electrică pe rezistor, curentul electric prin rezistor, respectiv rezistenţa electrică prin rezistor.

Ecuaţia de funcţionare a rezistorului este dedusă pe baza legii lui Ohm. Aşa cum s-a amintit mai sus, această ecuaţie furnizează informaţii despre comportamentul rezistorului la trecerea unui curent prin acesta: la trecerea unui curent electric de valoarea **i** printr-un rezistor, între terminalele acestuia apare o cădere de tensiune **v** care depinde de valoarea rezistenţei electrice **R** a rezistorului:

$$\boxed{v = R \cdot i}$$

$$\underset{inf\ ormatie}{v} = \underset{componenta}{R} \cdot \underset{inf\ ormatie}{i}$$

Semnul relaţiei de mai sus respectă sensul mărimilor electrice din Figura 4.a. În cazul în care sensul curentului electric **i** şi sensul referinţei pentru tensiunea **v** sunt opuse, atunci, în ecuaţia de funcţionare, în faţa termenului din dreapta apare semnul "**-**".

b. Condensatorul

Condensatorul este o componentă electronică pasivă, care permite înmagazinarea energiei electrice prin stocarea sarcinilor electrice, la aplicarea unei tensiuni pe acesta.

Parametrul principal, care caracterizează comportamentul condensatorului din punct de vedere electric este reprezentat de **CAPACITATEA ELECTRICĂ**, notată cu **C**, care se exprimă în Farazi (**F**).

Capacitatea electrică caracterizează abilitatea condensatorului de a se opune modificării tensiunii electrice care cade pe acesta. Totodată, capacitatea electrică caracterizează cantitatea de sarcină electrică stocată în structura condensatorului, la aplicarea unei tensiuni electrice pe acesta.

Clasificarea condensatoarelor

Există mai multe criterii după care condensatoarele se pot clasifica, dintre care, cele mai generale sunt:

3. după variaţia capacităţii electrice:
- **condensatoare fixe**: la care valoarea capacităţii electrice nu se poate modifica de către utilizator fiind stabilită de producător;
- **condensatoare reglabile,** clasificate în **condensatoare variabile, respectiv semivariabile (numite şi trimere)**: la care valoarea capacităţii electrice se poate modifica manual, de către utilizator, într-un interval de valori stabilit de producător;

4. după caracteristica de funcţionare sarcină electrică-tensiune:
- **condensatoare liniare**: la care caracteristica sarcină electrică-tensiune este o dreaptă; la acest tip de condensatoare, valoarea capacităţii electrice **C** este constantă, nedepinzând de valoarea tensiunii **V** care se aplică pe terminalele condensatorului.
- **condensatoare neliniare**: la care caracteristica sarcină electrică-tensiune este o curbă; la acest tip de condensatoare, valoarea capacităţii electrice **C** este variabilă şi depinde de valoarea tensiunii **V** care se aplică pe terminalele condensatorului.

Simbolurile electrice ale condensatoarelor

Simbolul electric al condensatorului fix, precum şi mărimile electrice de terminal ale acestuia sunt prezentate în Figura 2.a, în care prin ***v*** s-a notat tensiunea electrică aplicată pe terminalele condensatorului**,** iar prin ***i*** s-a notat curentul electric prin condensator. Există condensatoare la care tensiunea care se aplică pe cele 2 terminale trebuie să respecte o anumită polaritate. Aceste condensatoare se numesc **condensatoare polarizate**,

au în general valori mari pentru capacitatea electrică iar simbolul electric al acestora prezentat în Figura 6.a – dreapta.

Figura 6.a. Simbolul electric al condensatorului fix şi mărimile electrice de terminal ale acestuia.

În Figura 6.b sunt prezentate diferite exemple de condensatoare fixe, aşa cum se regăsesc acestea ca şi componente discrete (fizice) în circuitele electronice.

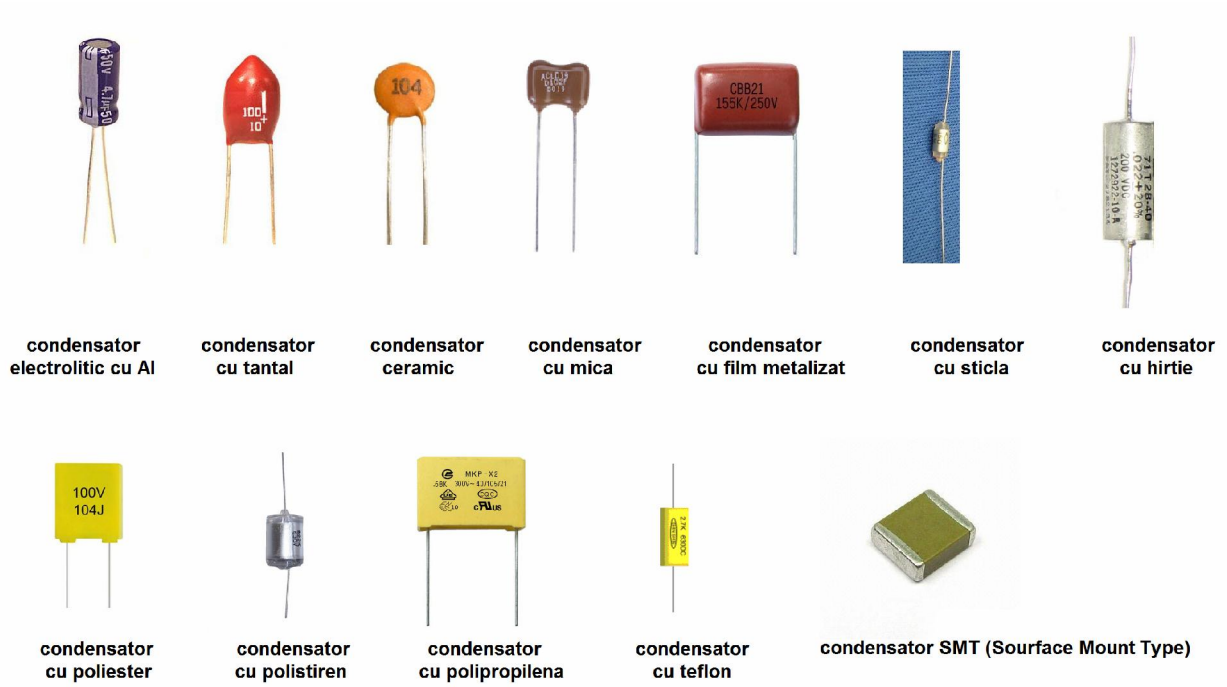


Figura 6.b. Exemple de condensatoare fixe discrete.

Simbolul electric al trimerului, respectiv al condensatorului variabil sunt prezentate în Figura 7.a.

Figura 7.a. Simbolul electric al condensatorului variabil.

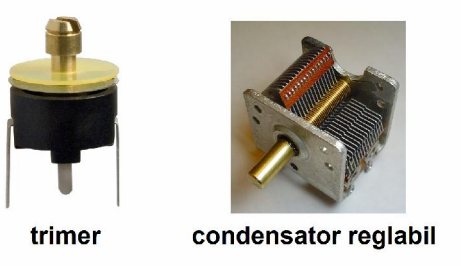


Figura 7.b. Exemplu de trimer, respectiv de condensator reglabil.

La trimere, respectiv la condensatoarele reglabile, există un element suplimentar (de exemplu, un şurub de dimensiuni mici) prin intermediul căruia utilizatorul poate modifica manual valoarea capacităţii electrice. În Figura 7.b sunt prezentate câte un exemplu de trimer, respectiv de condensator reglabil, aşa cum se regăsesc acestea ca şi componente discrete în circuitele electronice.

Ecuaţia de funcţionare a condensatorului fix

Condensatorul se comportă ca un "depozit" de sarcină electrică. Astfel, la aplicarea unei tensiuni electrice pe terminalele sale, condensatorul stochează pe cele 2 armături o cantitate de sarcină electrică notată **Q**, care este direct proporţională cu valoarea tensiunii ***v*** aplicate între terminalele condensatorului. Coeficientul de proporţionalitate dintre cele 2 mărimi este reprezentat de capacitatea electrică **C** a condensatorului (**C** = "capacitatea depozitului" = parametrul care stabileşte cât de multă sarcină electrică poate să stocheze acesta), iar relaţia matematică care leagă cele 3 mărimi electrice este:

$$Q = C \cdot v$$

Curentul electric prin condesator apare atunci când cantitatea de sarcină electrică **Q** suferă modificări în timp, fiind egal cu viteza de variaţie a acesteia în timp:

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

Ecuaţia de funcţionare a condensatorului furnizează informaţii despre curentul electric prin acesta în funcţie de tenisunea electrică aplicată între terminalele sale. Pe baza celor 2 relaţii de mai sus, ecuaţia de funcţionare a condensatorului fix este:

$$\boxed{i = C \cdot \frac{dv}{dt}}$$

ecuaţia de funcţionare a condensatorului

Semnul relaţiei de mai sus respectă sensul mărimilor electrice din Figura 6.a. În cazul în care sensul curentului electric ***i*** şi sensul referinţei pentru tensiunea electrică ***v*** sunt opuse, atunci, în ecuaţia de funcţionare, în faţa termenului din dreapta apare semnul "**-**".

Deoarece curentul electric prin condensator este direct proporţional cu variaţia în timp a tensiunii electrice aplicate pe acesta, **în regim de curent continuu**, când mărimile electrice sunt caracterizate de valori constante în timp, **curentul electric prin condensator este nul**.

Concluzie: **curentul continuu** prin condensator este egal cu 0 amperi (cu alte cuvinte, condensatorul nu permite trecerea curentului continuu prin el).

c. Bobina

Bobina este o componentă electronică pasivă reactivă, capabilă să înmagazineze energie electrică sub formă de câmp magnetic. Parametrul principal, care caracterizează bobina din punct de vedere electric, este **INDUCTANŢA MAGNETICĂ**, notată cu **L**, care se exprimă în Henry (**H**).

Bobina este un element de circuit care are proprietatea de a se opune modificărilor bruşte ale curentului electric care o parcurge, iar inductanţa magnetică caracterizează această proprietate. Astfel, cu cât valoarea inductanţei magnetice **L** a bobinei este mai mare, cu atât mai puternic se opune bobina respectivă modificărilor bruşte ale curentului care o parcurge.

Totodată, inductanţa magnetică caracterizează capacitatea bobinei de a înmagazina energie electrică sub formă de câmp magnetic.

La fel ca şi în cazul condensatoarelor, bobinele se pot clasifica în:

- bobine fixe = la care inductanţa **L** este fixă;
- bobine reglabile = la care inductanţa **L** poate fi modificată de către utilizator.

Simbolurile electrice ale bobinei

Simbolurile electrice ale bobinei, precum şi mărimile electrice de terminal ale acesteia, sunt prezentate în Figura 8.a, în care prin **i** s-a notat curentul electric care trece prin bobină, iar prin **v** s-a notat tensiunea electrică generată între terminalele bobinei, ca urmare a trecerii curentului electric prin ea.

Figura 8.a. Simbolul electric al bobinei (cu aer) şi mărimile electrice de terminal ale acesteia.

Figura 8.b. Exemple de bobine

Ecuaţia de funcţionare a bobinei

La modificarea curentului electric care o parcurge, la terminalele bobinei se generează o tensiune electrică direct proporţională cu viteza de variaţie a curentului electric. Factorul de proporţionalitate este reprezentat de către inductanţa **L** a bobinei, care caracterizează măsura în care bobina se opune variaţiei curentului electric care parcurge spirele sale.

Observaţiile de mai sus sunt exprimate matematic prin intermediul ecuaţiei de funcţionare a bobinei, care furnizează informaţii despre tensiunea generată la terminalele sale în funcţie de variaţia curentului electric prin aceasta:

$$\boxed{v = L \cdot \frac{di}{dt}}$$

ecuaţia de funcţionare a bobinei

Semnul relaţiei de mai sus respectă sensul de referină a mărimilor electrice din Figura 8.a. În cazul în care sensul curentului electric **i** şi sensul referinţei pentru tensiunea **v** sunt opuse, atunci, în ecuaţia de funcţionare a bobinei, în faţa termenului din dreapta apare semnul "-".

Deoarece tensiunea pe bobină este direct proporţională cu variaţia în timp a curentului care o parcurge, în regim de curent continuu, când curentul electric prin bobină are o valoare constantă în timp, tensiunea electrică pe bobină este nulă (în curent continuu, bobina reprezintă un scurtcircuit).

Concluzie: **tensiunea continuă** pe bobină este egală cu 0 volţi.