



CONCURS DE ROBOTICĂ RoboSmart

Ediția 1
2017-2018



Universitatea din Pitești
Facultatea de Electronică,
Comunicații și Calculatoare

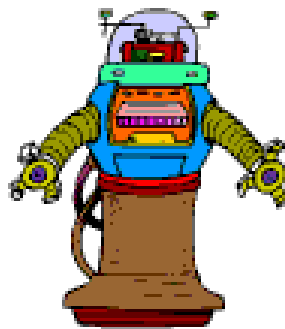
Web info aici:



Sponsori



Robotica!



Ce este un ROBOT?

- *Institutul American pentru Roboți:*

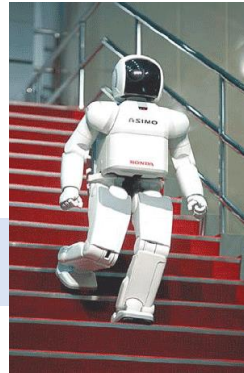
”Un robot este un manipulator multi-funcțional **programabil**, destinat să miște materiale, componente, scule sau dispozitive speciale prin **programarea diferitelor mișcări pentru realizarea unor sarcini diverse.**”

- *Dictionarul Webster:*

”Un robot este un **dispozitiv automat care realizează funcții în mod normal asociate oamenilor sau mașinilor în formă de om.**”

Tipuri de roboți:

Roboți umanoizi



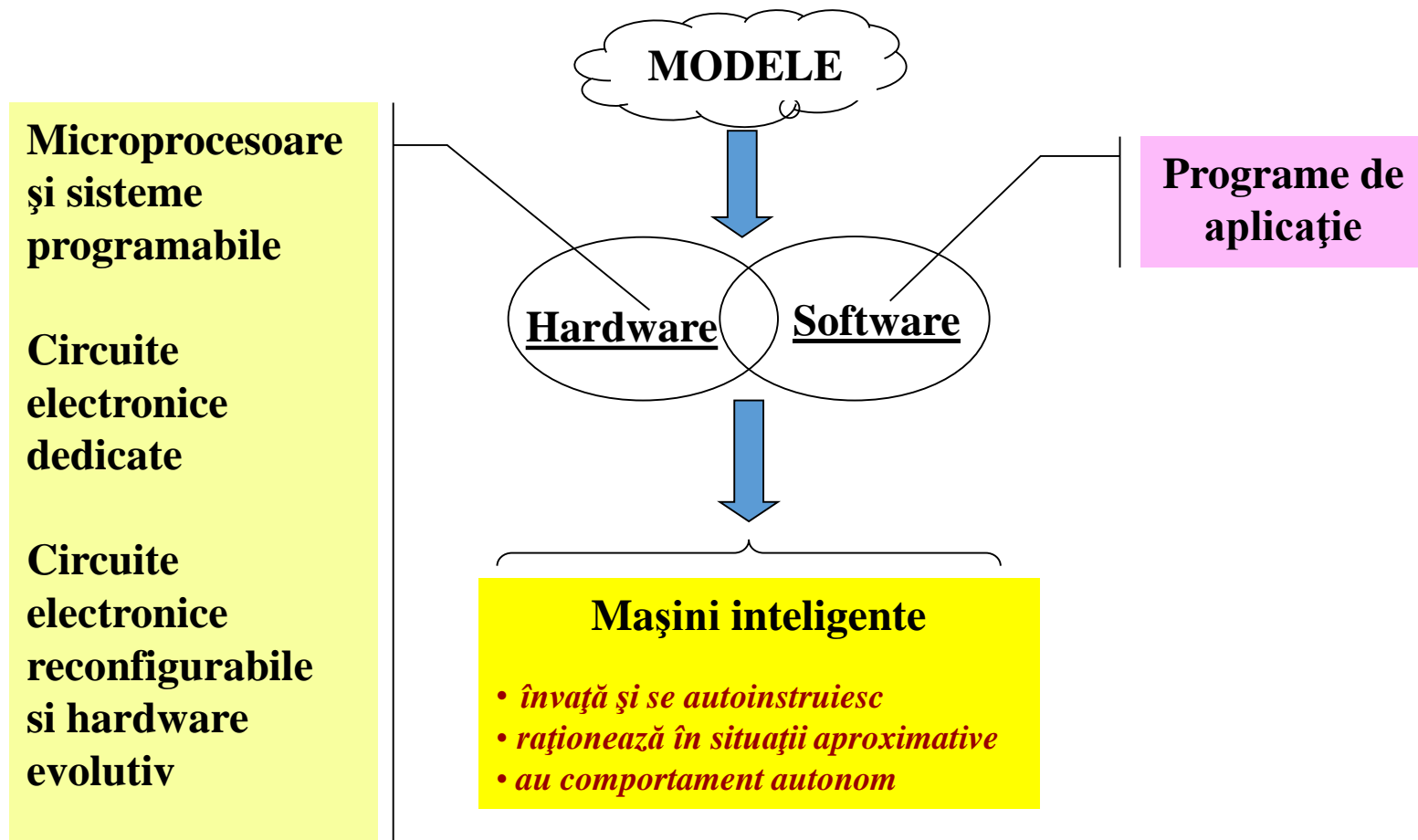
Vehicule autonome



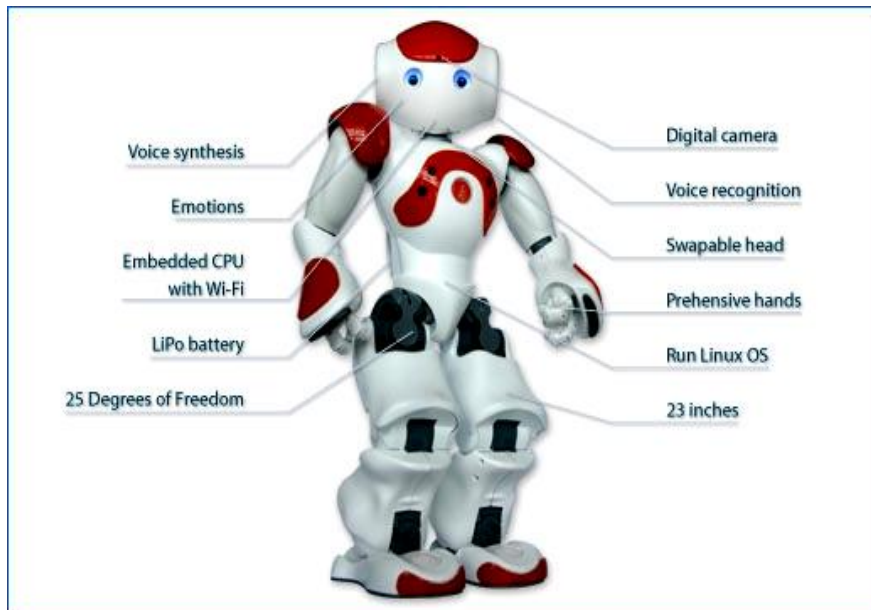
Roboți industriali



Cum funcționează?



El este NAO!



Iar aceasta este mașina fără șofer de la Google!



TESLA driverless car!



Robotul explorator: *Curiosity*

NASA Mars mission

The Curiosity rover is designed to travel Mars studying climate and geology. The rover is looking for signs of carbon, the building blocks of life. Some of the rover's features:

Robotic arm

Used to examine and manipulate soil and rocks; it also has two scientific instruments, one uses X-rays to determine materials' composition and the other is a magnifying camera

Laser

Burns small holes in rocks and soil up to 23 feet away and identifies chemical elements

Color cameras

Stereo mastcams on either side of the rover's mast take color pictures and movies in 3-D

UHF antenna

Primary transmission antenna

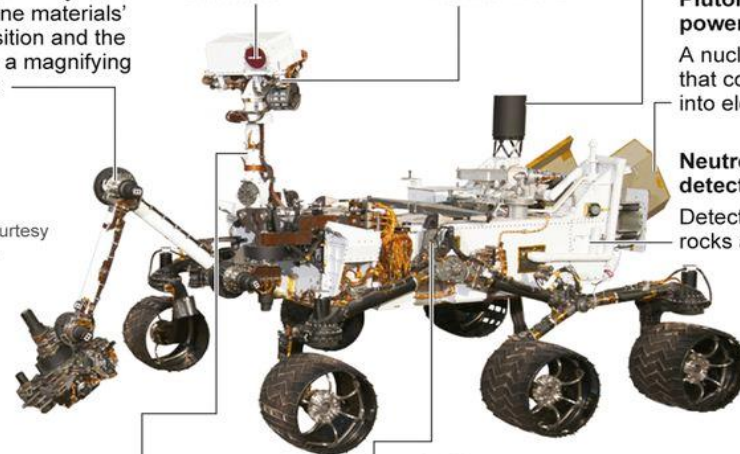
Plutonium power source

A nuclear battery that converts heat into electricity

Neutron detector

Detects water in rocks and soil

Photo courtesy of NASA



Weather station

Records wind speed/direction, air pressure, humidity, temperature and UV radiation

Radiation detector

Measures radiation from the sun, supernovae and other sources

Inside:

Chemistry lab
Analyzes rock and soil samples for organics

Mineral detector

Shines an X-ray beam at a rock or soil sample to identify types of minerals

SOURCE: NASA

AP

Componente de bază ale roboților

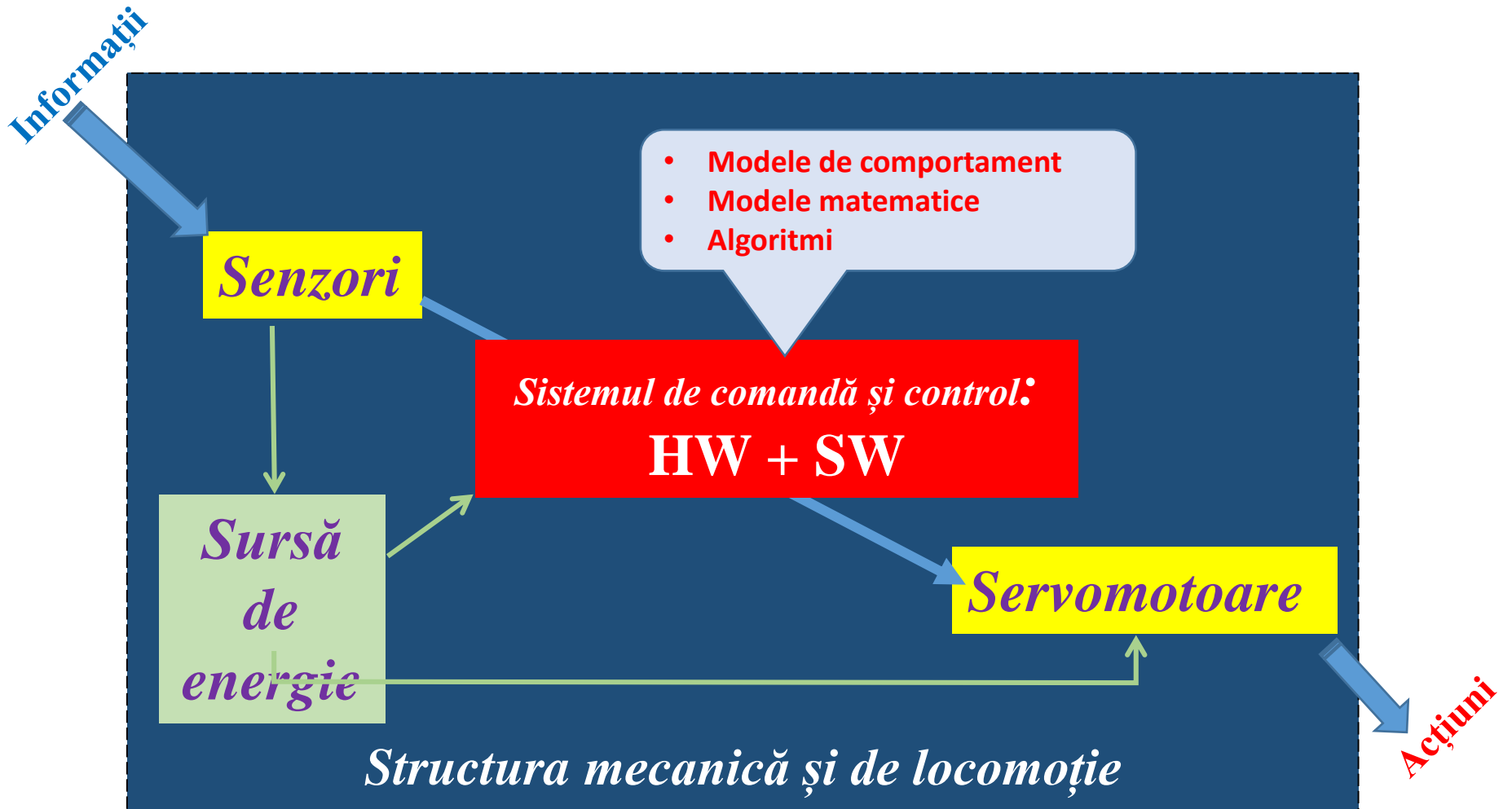
Senzori

Servomotoare

*Sistemul de comandă și control:
Hardware + Software*

Surse de energie

Structura mecanică și de locomoție



Cursul 1

- ❑ *Noțiuni introductive electricitate*
- ❑ *Componente electronice pasive și active.*
- ❑ *Semnale electrice analogice și digitale. Niveluri de tensiune.*
- ❑ *Citirea unei scheme electrice. Simboluri folosite în schemele electrice și electronice.*
- ❑ *Măsurarea mărimilor electrice: folosirea unui multimetru și a unui osciloscop.*
- ❑ *Sisteme de numerație. Sistemul binar, sistemul hexazecimal.*
- ❑ *Conversia între sistemul zecimal și binar.*
- ❑ *Circuite de conversie între analogic și digital*
- ❑ *Logică digitală.*

Noțiuni introductive electricitate

Mărimi electrice.

- Definiții
- Unități de măsură
- Proprietăți și aplicații

Relații fundamentale în electricitate.

- Legea lui Ohm
- Legile lui Kirchhoff

Introducere în electricitate

Electricitatea statică:

Încă din antichitate vechii greci (anul 600 î.e.n.) au observat că o bucată de *chihlimbar* frecată cu *lână* capătă proprietatea de a atrage lucruri ușoare.

Alte materiale care se comportă astfel:

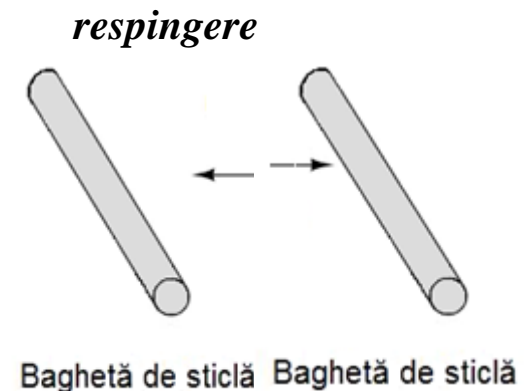
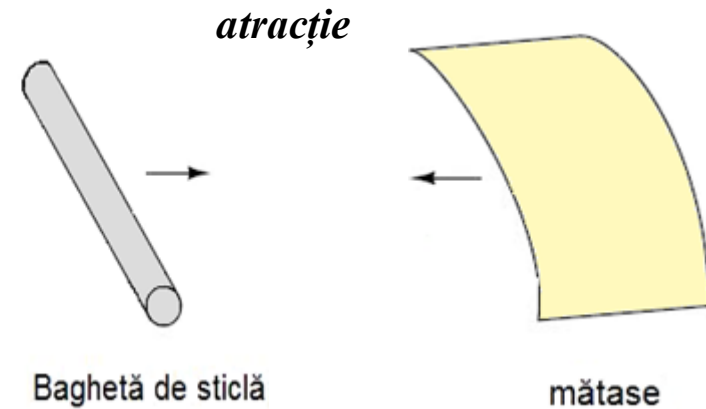
- o riglă de *plastic* frecată de *lână* atrage bucăți de hârtie.

- o baghetă de *sticlă* frecată de o bucată de *mătase* se **atrag reciproc**.

- două baghete de *sticlă*, după ce au fost frecate de *mătase*, se **resping reciproc**.

Aceste materiale sunt *electrizate* sau *încărcate cu sarcină electrică*

Electricitatea – implică prezența sarcinii electrice



Electricitate - introducere

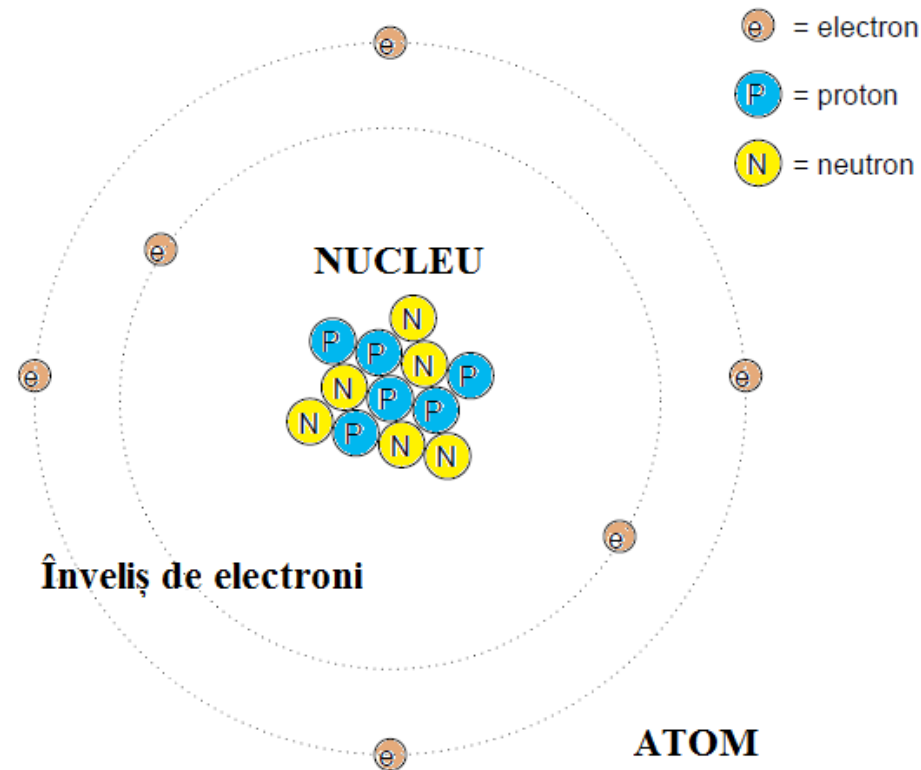
Apariția electricității. Electricitatea derivă din structura atomică a materialelor:

➤ Orice material este format din atomi, așezați în diverse configurații, între care există forțe de coeziune mai mari sau mai mici (aceste forțe interatomice dau starea de agregare a materiei: *solidă*, *lichidă* sau *gazoasă*).

➤ Un **atom** este format la rândul lui din **nucleu** și **electroni** care orbitează în jurul nucleului pe diverse orbite și având diverse energii (înveliș electronic):

- **Electronii** au *sarcină electrică negativă*, fiind cea mai mică unitate naturală de sarcină.
- **Nucleul** este format din *protoni* (încărcați pozitiv) și *neutroni* (neutru dpdv. electric – fără sarcină electrică).

În stare neperturbată, numărul de protoni este egal cu numărul de electroni, astfel că pe ansamblu, **atomul** este **neutru** din punct de vedere electric.



Electricitate - introducere

Sarcina electrică

Dacă în stare neperturbată un atom este neutru (numarul de sarcini pozitive din nucleu este egal cu numărul de sarcini negative), prin pierderea sau acceptarea unor electroni pe ultimul strat atomul devine ion pozitiv sau negativ:

- cedare (pierdere electroni) \rightarrow *ion pozitiv*
- acceptarea electroni \rightarrow *ion negativ*.



Atom de H
neperturbat



Ion negativ H⁻



Ion pozitiv H⁺

Sarcina electrică totală a unui corp macroscopic se notează cu **Q** și reprezintă suma sarcinilor elementare în exces. **Unitatea de măsură** este **Coulombul [C]**.

1 Coulomb este sarcina electrică transportată de un curent de 1A în timp de 1s : **1C = 1A · 1s**

- Situația în care un corp are sarcină în exces (sarcina netă nenulă) se numește *electricitate statică*.

- Sarcina electrică elementară este sarcina electronului, notată cu e , și are valoarea:

$e \approx -1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$. Deci un 1 Coulomb = $6,242 \times 10^{18}$ sarcini elementare.

- Sarcina electrică se măsoară cu *electrometrul*.

Electricitate - introducere

Potențialul electric

Potențialul electric denumit și *potențial electrostatic* este o mărime fizică scalară ce caracterizează câmpul electric.

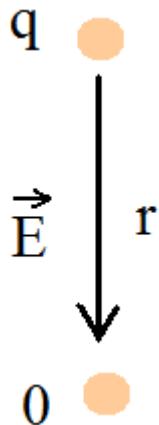
Unitatea de măsură în sistemul internațional este **Voltul [V]**.

Energia potențială electrică a unui punct încărcat cu sarcina q este:

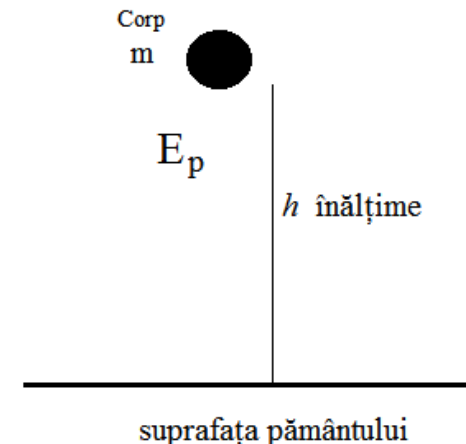
$$U_E = q \cdot V$$

Într-un anumit mediu, avem $\mathbf{D} = \epsilon \cdot \mathbf{E}$, unde \mathbf{D} - *inducția electrică* (deplasare electrică) - mărime de stare ce caracterizează dpdv. electric un mediu dielectric (ϵ - permitivitate electrică). Unitate de măsură $\mathbf{C/m^2}$. (\mathbf{D} - mărime vectorială).

Dacă mediul are și polarizație permanentă \mathbf{P} , atunci: $\bar{\mathbf{D}} = \epsilon_0 \bar{\mathbf{E}} + \bar{\mathbf{P}}$



Analogie cu energia potențială



Tensiunea electrică este definită între două puncte, ca fiind diferența de potențial al celor două puncte (raportat la același punct de referință de potențial 0).

- Este o mărime scalară cu semn.

- *Notăție:* **U** sau **V** și se măsoară în **Volți [V]**

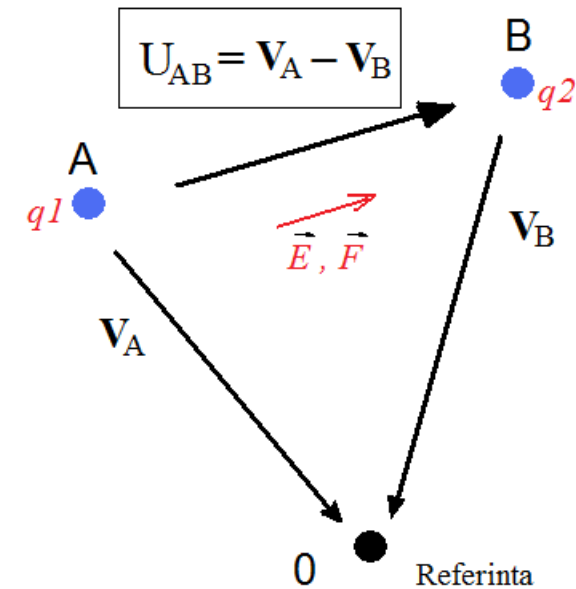
$$U_{AB} = V_A - V_B \quad [\text{V}] \quad U_{AB} = -U_{BA}$$

Valori uzuale ale tensiunii : μV , mV , V , KV

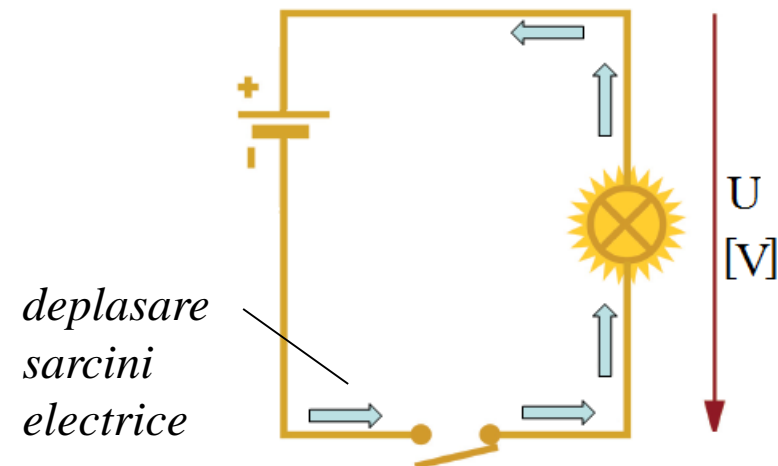
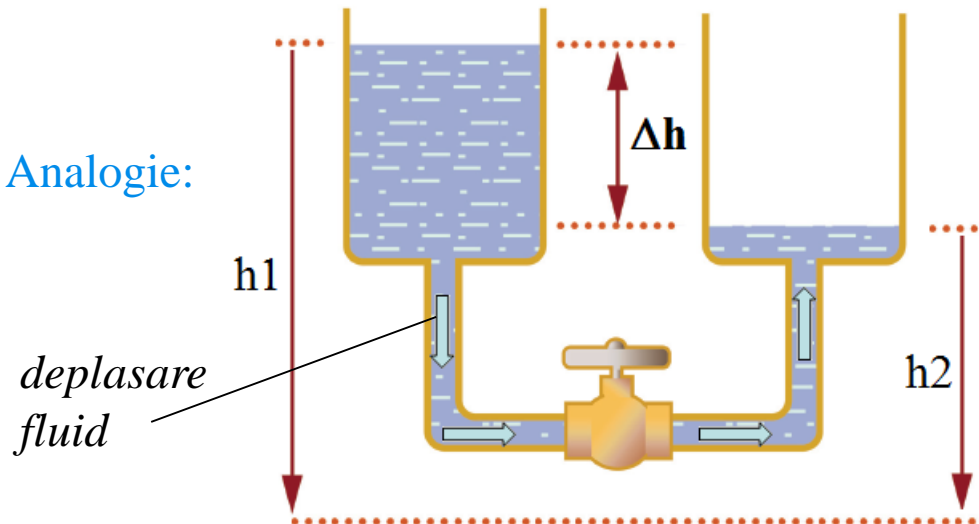
Diferență de sarcini electrice \Rightarrow **Câmp electric** $\vec{E} \Rightarrow$

diferență de potențial electric \Rightarrow **Tensiune electrică** $U \Rightarrow$

Forță electrică $\vec{F} \Rightarrow$ **Interacțiuni** (**deplasare**) **sarcini electrice libere.**



Analogie:



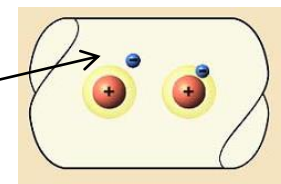
Conductivitatea. Curentul electric.

Conductivitatea electrică reprezintă proprietatea unui material sau mediu fizic de a permite deplasarea sarcinilor electrice prin material atunci când se aplică o tensiune electrică la bornele acestuia. Notăție: σ [S/m] - siemens pe metru.

Deplasarea sarcinilor printr-un material sub acțiunea câmpului electric se numește **curent electric**.

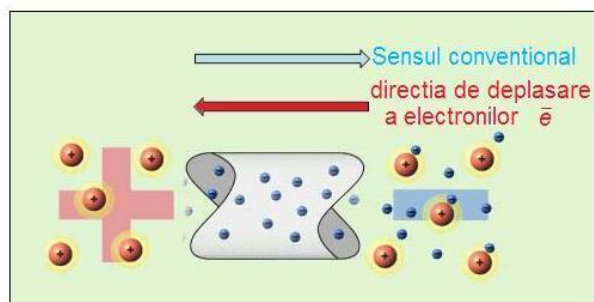
Din punct de vedere al conducției curentului electric, materialele pot fi:

- *Conductoare* – permit trecerea curentului electric prin ele (au sarcini electrice libere);
- *Izolatoare* – nu permit trecerea curentului electric prin ele;
- *Semiconductoare* – o categorie de materiale care permit trecerea curentului electric doar în anumite condiții.



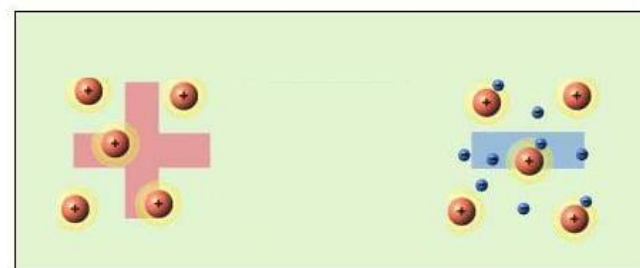
Material conductor:

Deplasare sarcini electrice (e)



Material izolator:

nu avem deplasare de sarcini electrice



Curentul electric.

Dacă printr-o suprafață oarecare există un transport de sarcini electrice, spunem că acea suprafață este străbătută de un *curent electric*.

Deplasarea sarcinilor electrice se face sub acțiunea unei forțe electrice \vec{F}_e , menținute de un câmp electric \vec{E} .

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Curentul electric reprezintă deplasarea dirijată a sarcinilor electrice printr-un material.

Mărimile care caracterizează curentul electric sunt:

❖ **Intensitatea curentului electric I** – este o mărime scalară care caracterizează global curentul electric.

Definiție: *Intensitatea curentului electric I măsoară cantitatea de sarcină electrică Q ce străbate secțiunea unui conductor în unitatea de timp t .*

Unitatea de măsură este **Amperul** [A] și reprezintă *Coulombi pe secundă*.

Valori uzuale: amperi, miliamperi ($1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$), microamperi ($1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$)

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad [\text{A}]$$

❖ **Densitatea de curent J** - este o mărime vectorială asociată fiecărui punct și este definită ca intensitatea curentului prin unitatea de suprafață a secțiunii. Se măsoară în **A/m²**.

Analogie:

➤ **curgerea curentului electric printr-un conductor => curgerea unui fluid printr-o conductă.**

➤ **intensitatea curentului electric, I [A] => debitul, D [litri/s] sau [m³/s]**

Efectele curentului electric.

❖ **Efectul termic (efectul Joule-Lentz)** - constă în încălzirea conductorului atunci când este parcurs de un curent electric, datorită ciocnirii electronilor de atomii din structura materialului.

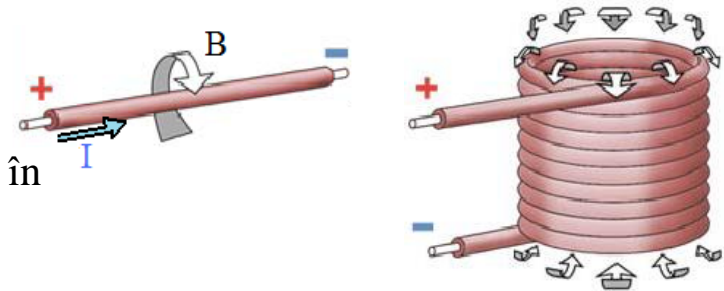
Căldura degajată este cu atât mai mare cu cât curentul prin material este mai mare și rezistența acestuia este mai mare. **Aplicații:**

- **Încălzire** (transformarea energiei electrice în energie termică): cuptoare electrice, reșouri și calorifere electrice, aeroterme, încălzirea scaunelor electrice, dezaburire lunetă, etc.

- **Iluminare** - încălzirea până la incandescență a unui fir conductor de wolfram duce la emisia de fotoni (producerea de lumină) - **becul cu filament**

- **Sudura** metalelor cu arc electric; tăierea metalelor

❖ **Efectul magnetic** - apariția unui câmp magnetic (circular) în jurul conductoarelor pe care le străbate (regula burghiului).

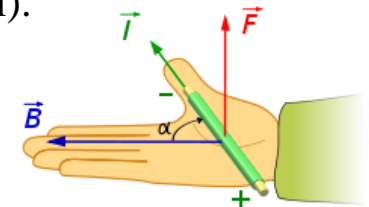


❖ **Apariția unei forțe electromagnetice (electrodinamice)** asupra conductoarelor străbătute de curent electric atunci când se află în câmp magnetic (L – lungimea conductorului). (regula mâinii drepte)

$$\vec{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$$

Asupra unei sarcini în mișcare se exercită o forță :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$



❖ **Efectul electrochimic – Electroliza** = procesul de orientare și separare a ionilor unui electrolit cu ajutorul curentului electric continuu.

Rezistența electrică. LEGEA LUI OHM

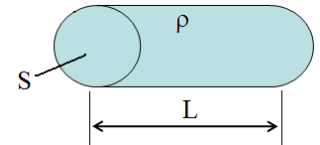
În curent continuu:

Inversul conductivității unui material se numește **rezistivitate electrică**:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad [\Omega \cdot \text{m}]$$

Rezistența electrică R este o mărime globală ce exprimă cât de tare *se opune* un material conductor trecerii curentului prin el, și se definește astfel:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad [\Omega]$$



Pentru un conductor dat, legătura între *tensiunea electrică* aplicată la borne și *curentul electric* ce îl străbate este dată de **legea lui Ohm**:

Pentru un conductor dat, raportul dintre tensiunea electrică aplicată la borne și curentul electric care îl străbate se numește rezistență electrică și se măsoară în Ohmi.

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

$$1\Omega = \frac{1\text{V}}{1\text{A}}$$

Alte variante :

$$I = \frac{U}{R}$$

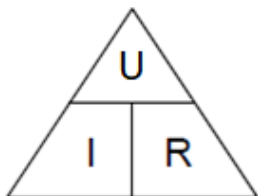
,

$$U = I \cdot R$$

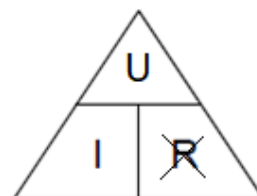
Analogie: Presiunea \uparrow | Tensiunea electrică \uparrow

curgere lichid \uparrow | intensitate curent \uparrow

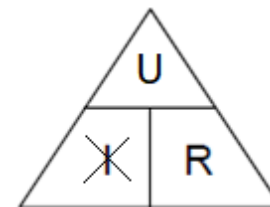
rezistență - const | **rezistență - const**



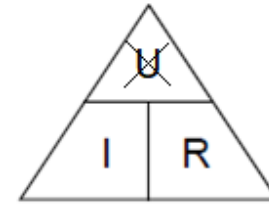
Model grafic pentru aflare mărime



Aflare rezistență R



Aflare curent I



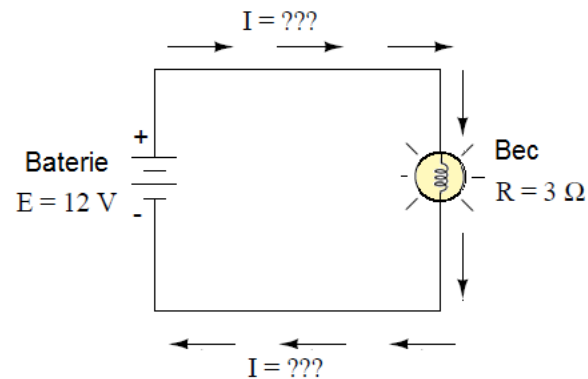
Aflare tensiune U

LEGEA LUI OHM

Exemple:

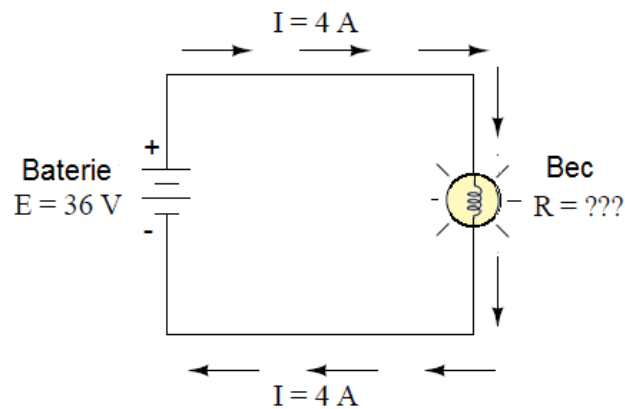
1. Curentul prin bec

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$$



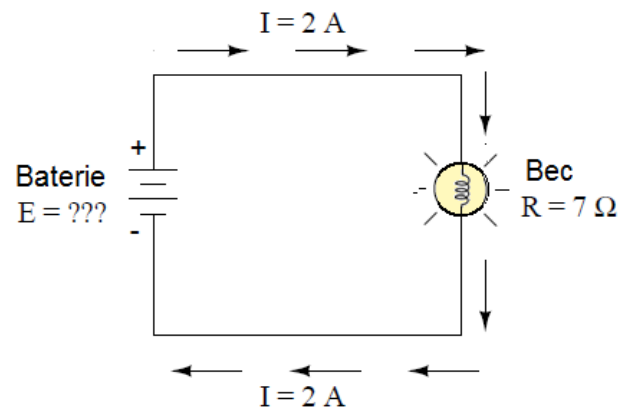
2. Rezistența becului

$$R = \frac{E}{I} = \frac{36V}{4A} = 9\Omega$$



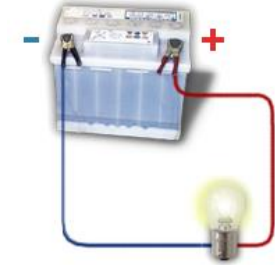
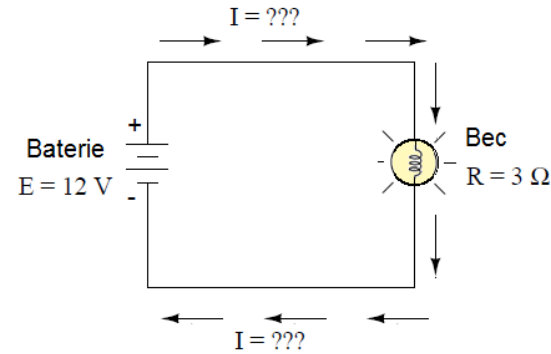
3. Cât este tensiunea bateriei?

$$E = I \cdot R = 2A \cdot 7\Omega = 14V$$



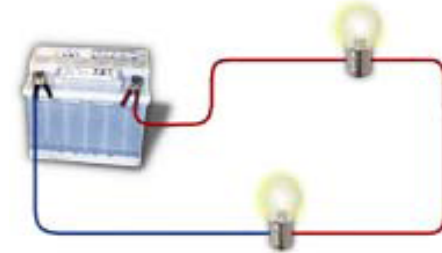
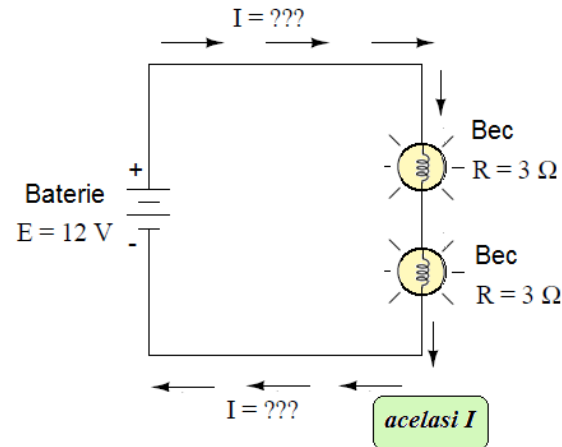
Circuite electrice

Un *circuit electric* este o rețea de componente electrice conectate astfel încât să formeze o *buclă închisă* (să avem o cale de curent)



Conectare în serie:

$$I = \frac{E}{R + R} = \frac{12V}{3\Omega + 3\Omega} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

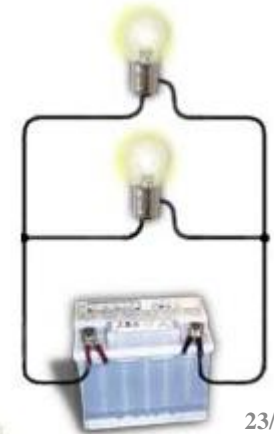
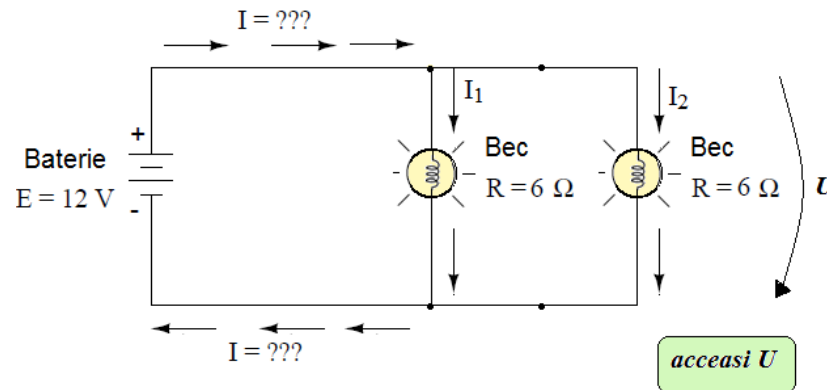


Conectare în paralel:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

$$I = I_1 + I_2 = 4A$$

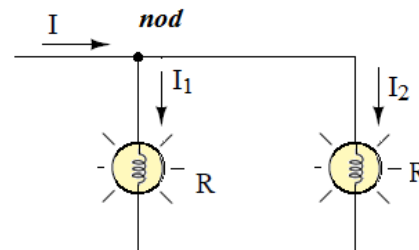


LEGILE LUI KIRCHHOFF

Legea I a lui Kirchhoff sau legea **pentru curenți**:

“Suma curenților care intră într-un nod de rețea este egală cu suma curenților care ies din acel nod”

$$I = I_1 + I_2$$



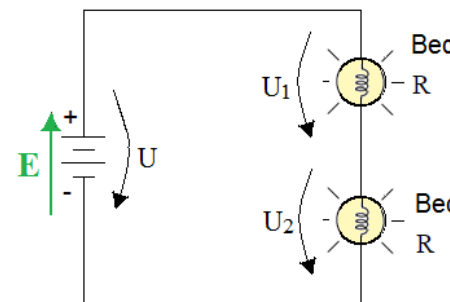
Legea a II-a a lui Kirchhoff sau legea **pentru căderi de tensiune**:

“Suma căderilor de tensiune într-o buclă închisă de circuit este egală cu suma tensiunilor electromotoare”.

$$U_1 + U_2 - U = 0 \Rightarrow U = U_1 + U_2$$

Dacă nu avem tensiuni electromotoare ($e = 0$) \Rightarrow *“Suma căderilor de tensiune într-o buclă închisă de circuit este egală cu 0”.*

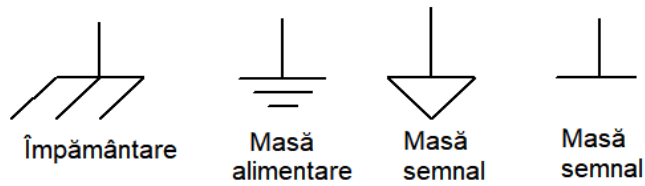
$$U_1 + U_2 = E$$



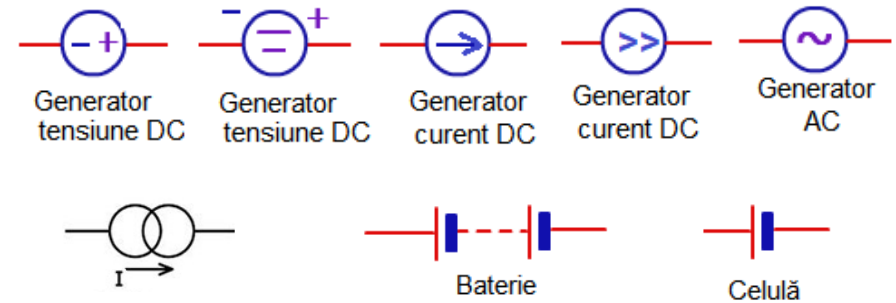
Simboluri folosite în schemele electrice și electronice

Pentru reprezentare schemelor electrice se folosesc simboluri specifice, standardizate

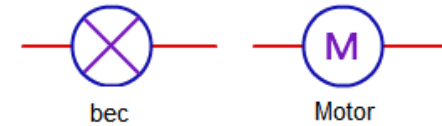
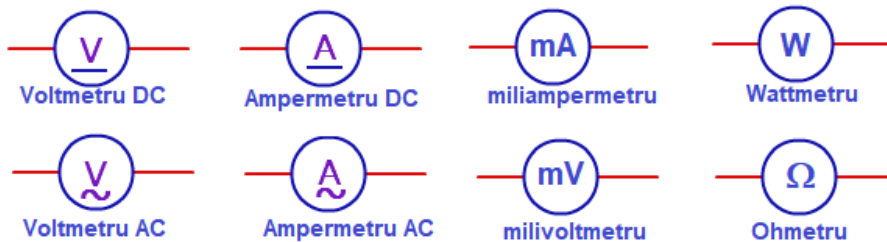
Simboluri pentru masă



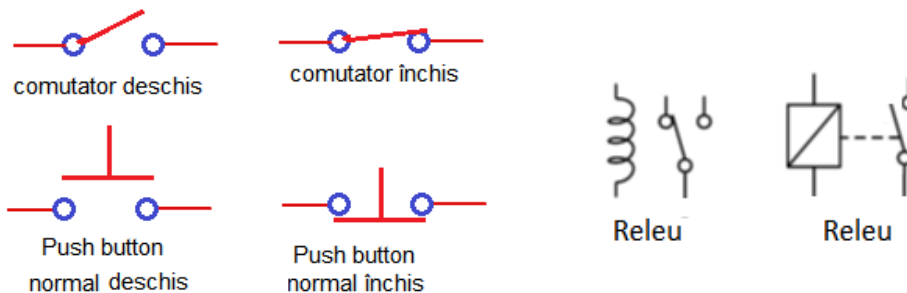
Simboluri pentru generatoare



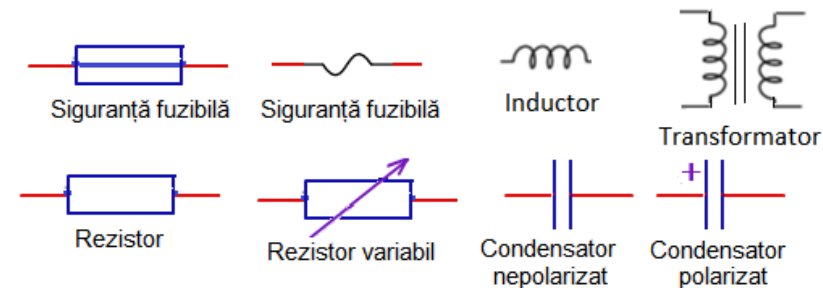
Simboluri pentru aparate de măsură



Simboluri comutatoare



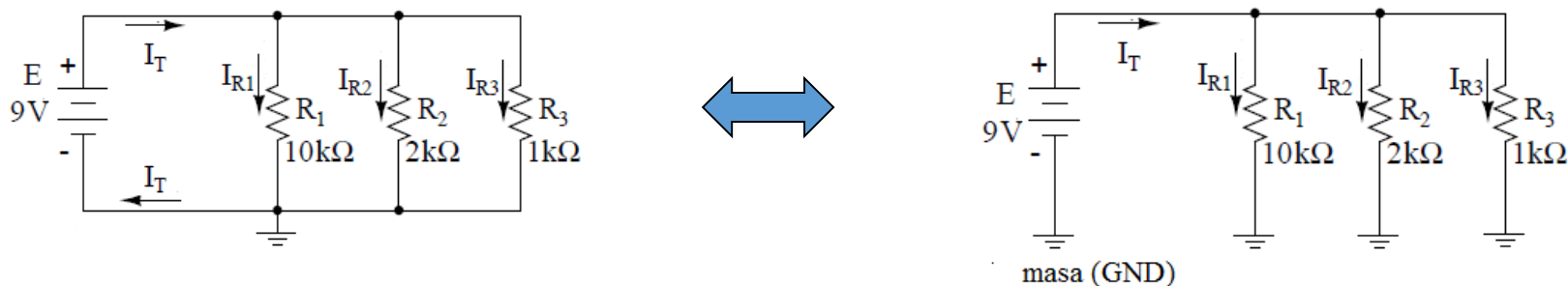
Simboluri componente pasive



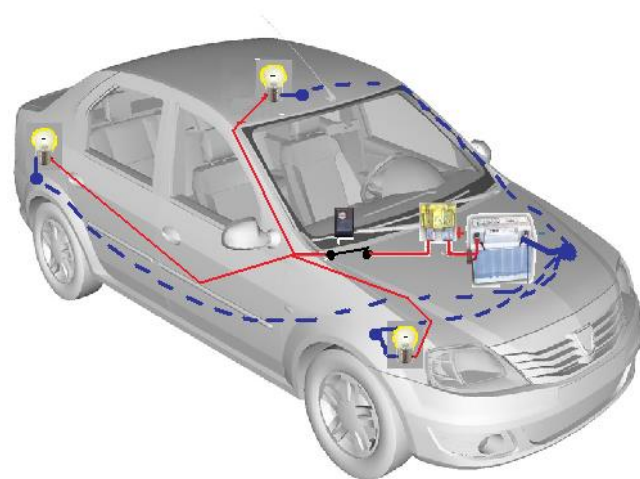
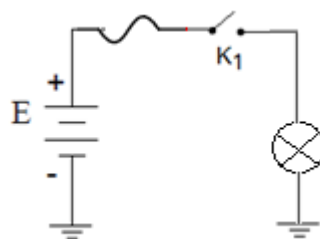
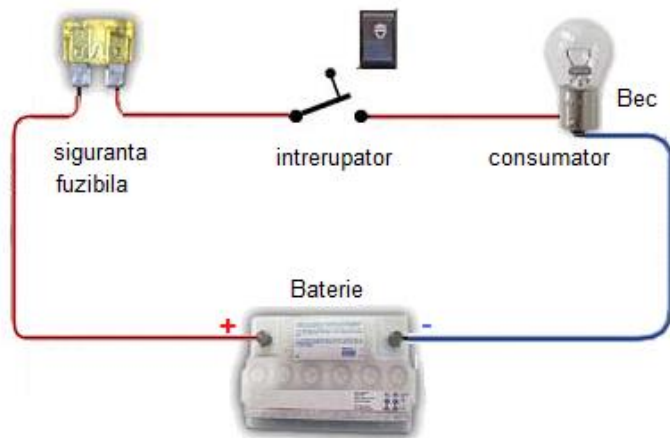
Reprezentarea circuitelor electrice

Pentru simplificarea reprezentării schemelor electrice se folosește simbolul de masă în locul firului de întoarcere al curentului.

Exemple reprezentare circuit electric:



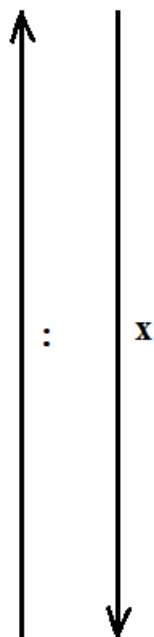
În unele aplicații practice cum este domeniul auto, pentru a face economie de conductoare, se folosește caroseria metalică drept cale de întoarcere a curentului:



Mărimi și unități de măsură

Multipli și submultipli în sistemul metric utilizați uzual cu mărimile electrice

multipli	tera (T)	10^{12}
	giga (G)	10^9
	mega (M)	10^6
	kilo (k)	10^3
	1 unitate [S.I.]	1
submultipli	mili (m)	10^{-3}
	micro (μ)	10^{-6}
	nano (n)	10^{-9}
	pico (p)	10^{-12}



Mărimă	Simbol	Unitate de măsură	
		Simbol	Denumire
Sarcina electrică	Q	C	Coulomb
Potențialul electric	V	V	Volt
Tensiune electrică	U, V	V	Volt
Intensitatea curentului electric	I	A	Amper
Densitatea de curent electric	J	A/m ²	Amper/m ²
Intensitatea câmpului electric	E	N/C	Newton/Coulomb
Fluxul magnetic	Φ	Wb	Weber
Inducția magnetică	B	T	Tesla
Rezistența electrică	R	Ω	Ohm

Tipuri de energie electrică.

După modul cum se deplasează sarcinile prin circuit, putem avea **curent continuu** sau **curent alternativ**.

Curentul continuu – deplasarea sarcinilor se face numai într-un singur sens.

Prescurtat se notează **c.c.** sau în engleză (**DC** – curent direct)

Exemple de surse de curent/tensiune continuă sunt bateriile sau acumuloarele, dinamurile, celulele fotovoltaice.



Acumulator 12V



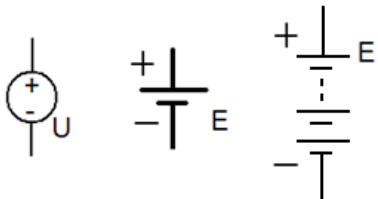
Baterie 1,5V



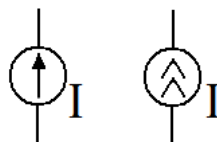
Celula
fotovoltaică

Symbol:

surse de tensiune DC:



surse de c.c. (DC):



Curentul alternativ - sensul de deplasare al sarcinilor alternează în timp, de obicei după o lege sinusoidală.

Prescurtat se notează **c.a.** sau AC în engleză

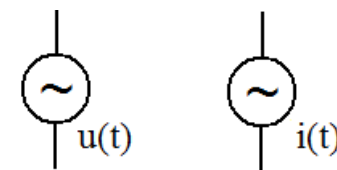
Exemple de surse de curent/tensiune alternativă: alternatorul monofazat sau trifazat



*Generator de
Energie 14,4V*

Symbol:

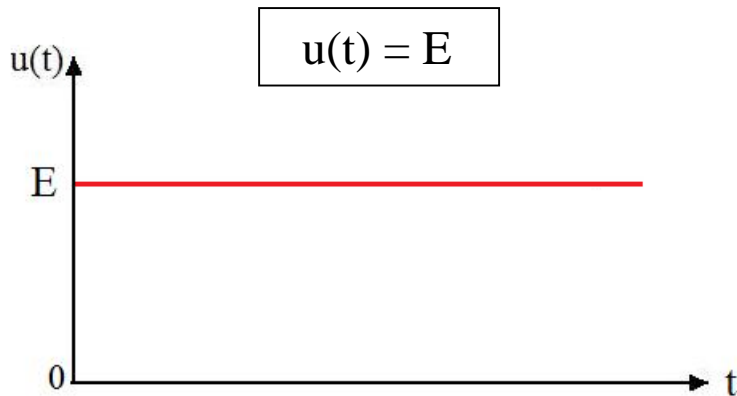
surse de curent/tensiune c.a (AC):



Tipuri de tensiune electrică.

Tensiunea continuă

Reprezentarea grafică în funcție de timp a tensiunii continue generate de o baterie:



Parametrii unei tensiuni continue:

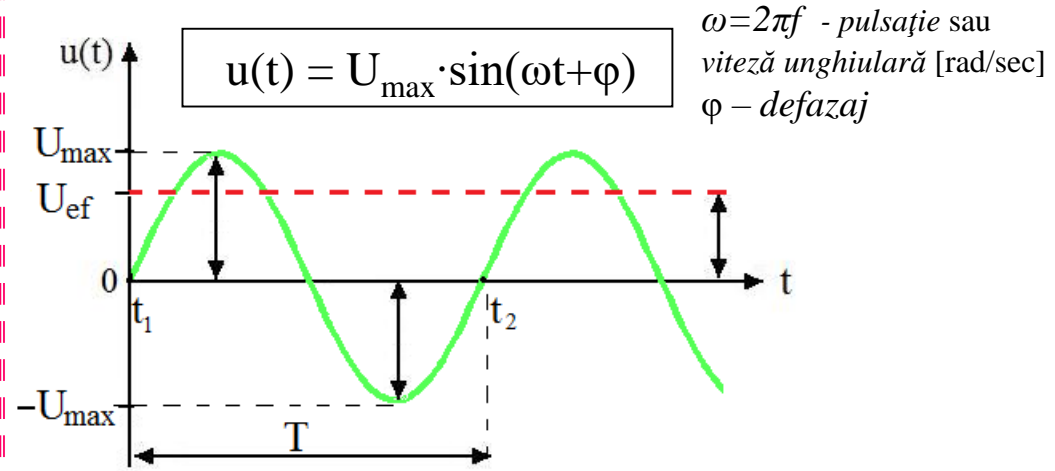
- Valoarea și polaritatea tensiunii: E [V]

Obs.: (Pentru tensiunea continuă, valorile tensiune medie, tensiune instantanee, tensiune efectivă sunt egale cu E).

Frecvența unei tensiuni continue este 0.

Tensiunea alternativă

Reprezentarea grafică în funcție de timp a tensiunii alternative (periodică):



Parametrii unei tensiuni alternative:

- *valoare instantanee*: $u(t)$ [V] - valoarea tensiunii în orice moment.
- *valoare maximă*: U_{\max} sau *amplitudine* A [V]
- *valoare vârf la vârf*: $U_{vv} = 2A$ [V] (U_{pp} - peak to peak)

- *valoare medie* U_{med} [V]
$$U_{\text{med}} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} u(t) dt \quad [\text{V}]$$

- *valoare efectivă* U_{ef} sau U_{RMS} [V]
$$U_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} u^2(t) dt} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

- *perioada* T [s] - durata unei secvențe de valori distincte ($T = t_2 - t_1$)
- *frecvența* $f = 1/T$ [s^{-1}] sau [Hz] (herți) - numărul de cicluri complete într-o secundă.

Puterea electrică

Puterea este mărimea lucrului mecanic ce poate fi efectuat într-o anumită perioadă de timp.

- În mecanică puterea se măsoară de obicei în cai putere
- În electricitate, *puterea electrică* se măsoară în Watti și este definită ca produsul dintre tensiune și curentul electric ce trece printr-un consumator :

$$p = u \cdot i \quad [\text{W}]$$

- Relația de conversie între puterea exprimată în Watt și cal putere este: **1 CP = 745,7 W**

Puterea electrică în CC

În curent continuu, curentul și tensiunea fiind constante în timp, puterea electrică se definește cu formula:

$$P = E \cdot I \quad [\text{W}]$$

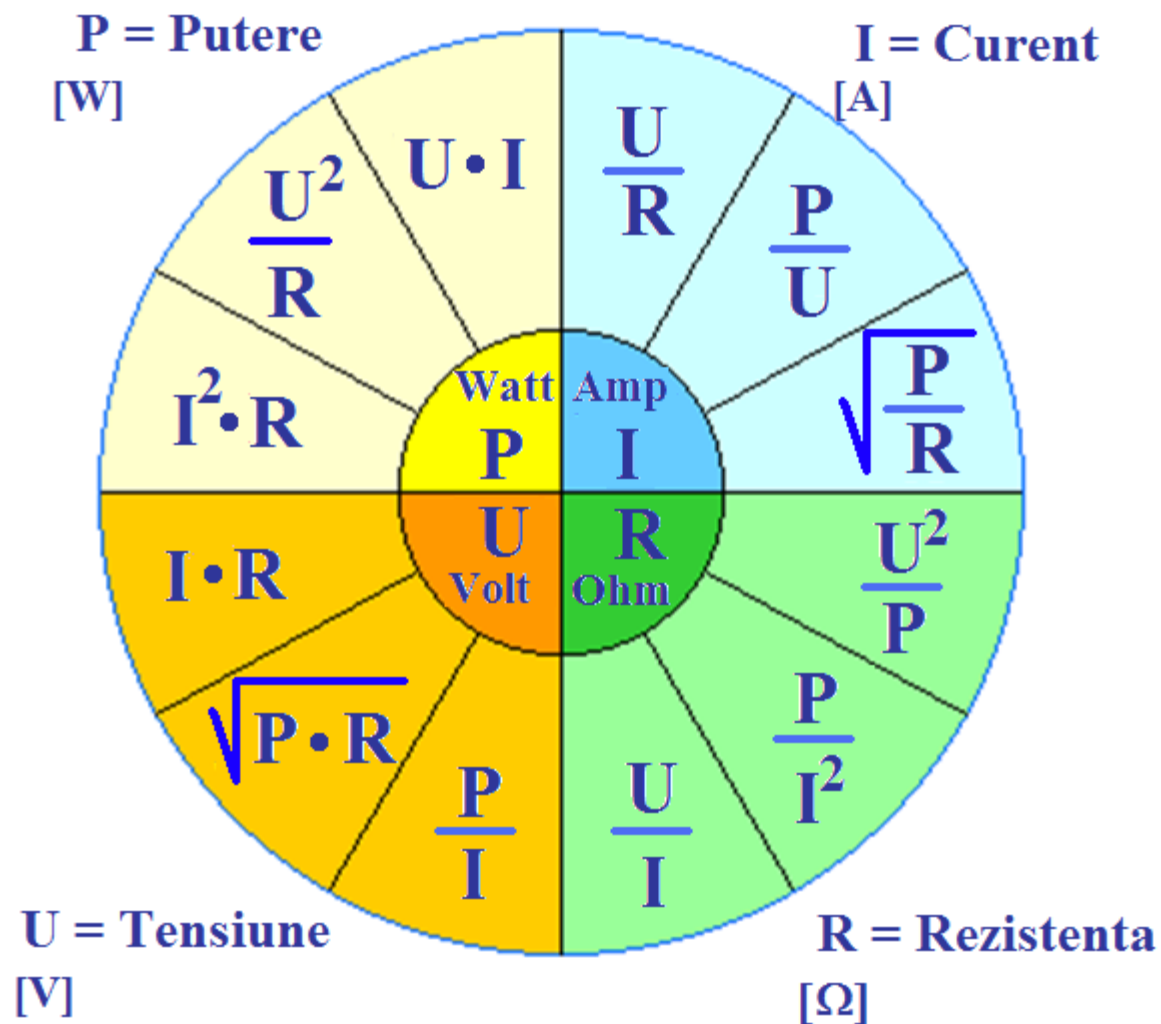
Exemplu: dacă un bec este alimentat la o tensiune electrică continuă de 12V și prin el trece un curent de 1 A, puterea electrică absorbită de bec este $P = 1\text{A} \cdot 12\text{V} = 12\text{W}$

Puterea se mai poate defini cu relațiile:
consumatorului.

$$P = I^2 R = \frac{E^2}{R} \quad [\text{W}]$$

unde R este rezistența

Recapitulare relații dintre U, I, R și P



Componente electronice pasive

Componenta electronică pasivă este o componentă de tip dipol, realizată în scopul obținerii unei anumite impedanțe cu o comportare cât mai apropiată de cea ideală.

Se numesc pasive deoarece nu au nevoie de sursă de energie electrică pentru polarizare.

$$\underline{Z} = R + jX = Ze^{j\varphi} \quad [\Omega]$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$$

unde: R este partea reală și reprezintă disiparea de putere activă (rezistența),

X este reactanța și depinde de frecvența curentului. Reactanța poate fi reactanță de tip capacitiv

($X_c = \frac{1}{\omega C}$) sau de tip inductiv ($X_L = \omega L$), unde $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ [rad/s] – pulsație

Cum impedanța electrică \underline{Z} ($\underline{Z} = \underline{U}/I$) poate fi pur *rezistivă*, *capacitivă* sau *inductivă*, sunt trei tipuri de componente electronice pasive: **rezistorul**, **condensatorul** și **inductorul** sau bobina.

Dacă $\underline{Z} = R$, **impedanța este rezistivă**, iar componenta pasivă caracterizată de o asemenea impedanță se numește **rezistor**.

Dacă $\underline{Z} = 1/j\omega C$, **impedanța este capacitivă**, iar componenta pasivă caracterizată de o asemenea impedanță se numește **condensator**. Condensatorul este caracterizat de parametrul fundamental capacitate electrică, ce definește componenta. Condensatorul ideal are impedanța pur capacitivă și defazajul dintre tensiune și curent este $-\pi/2$. Adică curentul este defazat înaintea tensiunii.

Dacă $\underline{Z} = j\omega L$, **impedanța este inductivă**, iar componenta caracterizată de o asemenea impedanță se numește inductor. Inductorul este caracterizat de parametrul fundamental inductanță electrică, ce definește componenta. Inductorul ideal are impedanța pur inductivă și defazajul dintre tensiune și curent este $\pi/2$.

Rezistoare

Rezistorul este caracterizat de parametrul fundamental **rezistența electrică**. Rezistorul ideal are impedanța pur rezistivă și defazajul dintre tensiune și curent zero.

Simbol :



Rezistența se definește ca raportul dintre tensiunea la borne și curentul ce străbate rezistorul (legea lui Ohm). Unitatea de măsură a rezistenței este ohmul, cu simbolul Ω .

$$1 \Omega = \frac{1V}{1A}$$

Pentru valori mari se folosesc multiplii ohmului: $1K\Omega = 10^3 \Omega$, $1M\Omega = 10^6 \Omega$, $1G\Omega = 10^9 \Omega$, iar pentru valori mici se folosesc submultiplii: $1m\Omega = 10^{-3} \Omega$, $1\mu\Omega = 10^{-6} \Omega$.

Parametrii rezistoarelor:

Rezistența nominală R_N [Ω]- valoarea rezistenței rezistorului ce se dorește a fi obținută în procesul de fabricație – este marcată pe corpul rezistorului.

Toleranța t [%] - abaterea relativă maximă a valorii reale a rezistenței rezistorului față de rezistența nominală R_N

$$t[\%] = \pm \max \frac{R_r - R_N}{R_N} \cdot 100$$

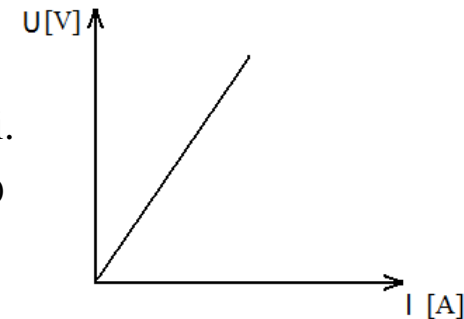
Coefficientul de variație cu temperatura al rezistenței, α_R

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Puterea nominală P_N [W]

Tensiunea nominală U_N [V]

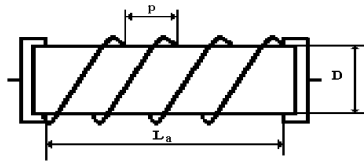
Curentul nominal I_N [A]



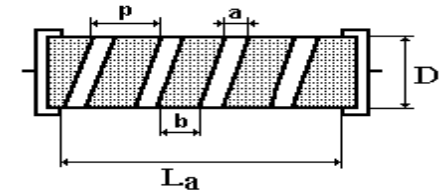
Caracteristica electrică a rezistoarelor liniare fixe

Rezistoare

Realizare element rezistiv



rezistor bobinat



rezistor pelicular cilindric

Realizare terminale:

- cu terminale axiale:



cu terminale radiale:



- fără terminale (SMD):



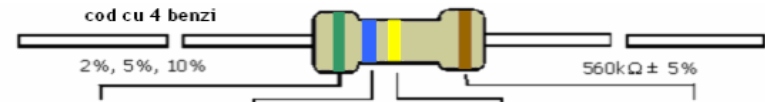
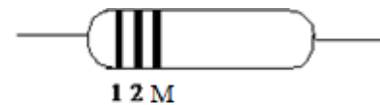
Rezistor SMD

Marcare:

- în clar : 120 (120 Ω), 12K (12 KΩ), 4K7 (4,7 KΩ)

- cod cu litere (la SMD): C₁C₂M . Exemplu: 103 = 10KΩ (1 – prima cifră semnificativă; 0 - a doua cifră semnificativă; 3 - multiplicator = 10³)

- codul culorilor:



Culoare	banda 1	banda 2	banda 3	multiplicare	toleranță
negru	0	0	0	1Ω	
maro	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
roșu	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
portocaliu	3	3	3	1KΩ	
galben	4	4	4	10KΩ	
verde	5	5	5	100KΩ	±0.5% (D)
albastru	6	6	6	1MΩ	±0.25% (C)
violet	7	7	7	10MΩ	±0.10% (B)
gri	8	8	8		±0.05%
alb	9	9	9		
auriu				0.1	± 5% (J)
argintiu				0.01	± 10% (K)



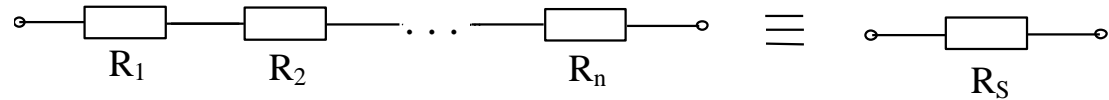
Exemplu:

galben, violet, roșu = 4,7 K Ω

Rezistoare

Gruparea rezistoarelor:

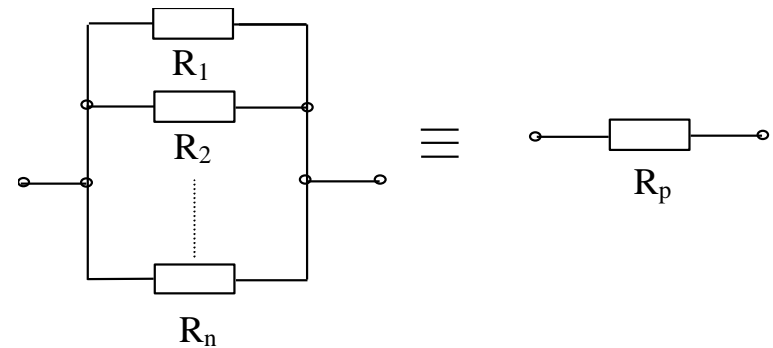
Gruparea serie:



Rezistența serie echivalentă R_s

$$R_s = \sum_{i=1}^n R_i$$

Gruparea paralel:



Rezistența paralel echivalentă, R_p , este

$$\frac{1}{R_p} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad \longrightarrow \quad R_p = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

Grupare mixtă (serie și paralel)

Utilizarea rezistoarelor:

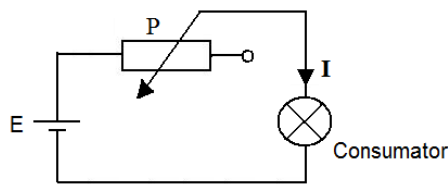
- pentru limitarea curentului prin circuit – montate în serie cu sarcina
- pentru conversia curentului ce trece prin rezistor în tensiune la bornele rezistorului (traductor curent)
- pentru micșorarea tensiunii, prin divizarea acesteia pe mai multe rezistoare conectate în serie (divizor de tensiune).

Rezistoare variabile

Potențiometre și semireglabile

Utilizarea potențiometrelor - în scopul de a controla sau calibra funcționarea aparatelor electrice:

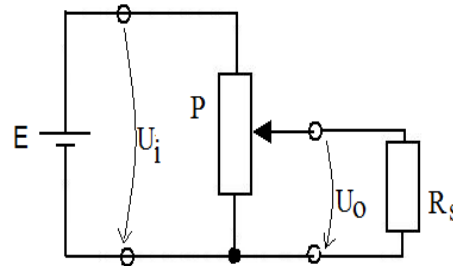
- pentru reglarea curentului prin circuit, în montaj de tip reostat (serie);
- pentru reglarea tensiunii (a factorului de divizare a tensiunii) în montaj de tip divizor de tensiune potențiometric.



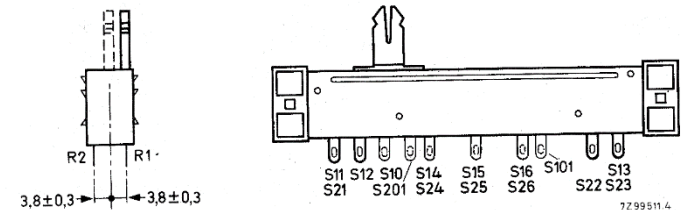
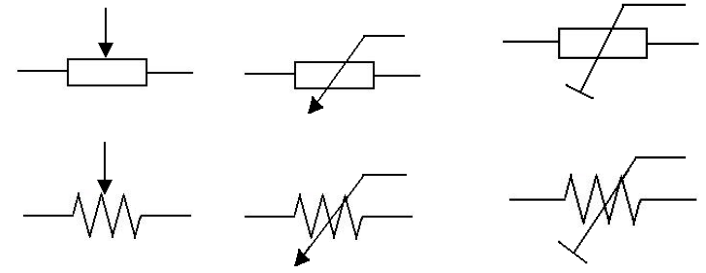
a)

Utilizarea potențiometrelor în circuitele electronice:

a) ca rezistor variabil; b) ca divizor de tensiune

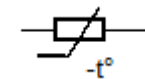
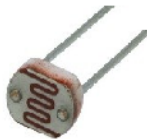
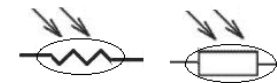


b)



Rezistoare dependente de mărimi fizice diverse – se pot utiliza la protecții sau la măsurarea acelei mărimi.

- Fotorezistoare – rezistența depinde de lumină (scade rezistența cu creșterea fluxului luminos)
- Termorezistoare – rezistența depinde de temperatură (crește linear cu creșterea temperaturii)
- Termistoare - rezistența depinde nelinier cu modificarea temperaturii:
 - termistoare NTC - rezistența scade cu creșterea temperaturii și
 - termistoare PTC - rezistența crește cu creșterea temperaturii



Condensatoare

Capacitatea electrică reprezintă raportul dintre sarcina care se acumulează între două armături conductoare între care se află un izolator bun (dielectric) și diferența de potențial care apare între cele două armături conductoare. Se măsoară în Farad.

$$C = \frac{Q}{U} \quad [F]$$

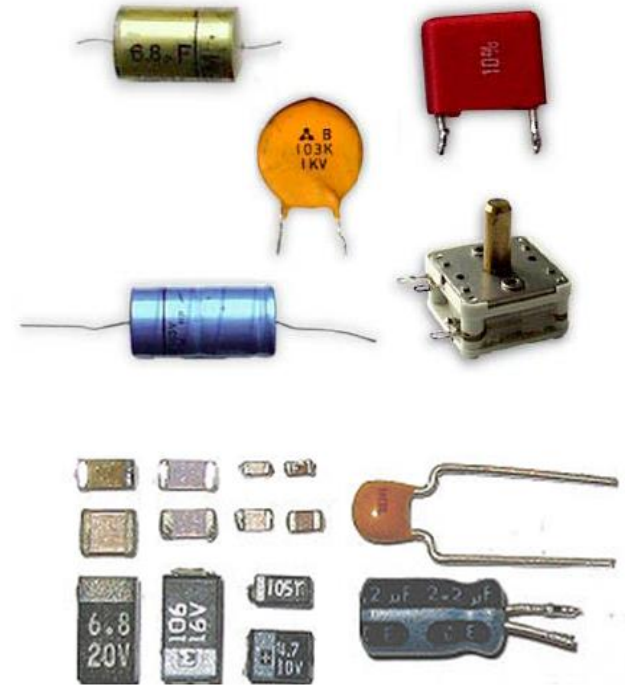
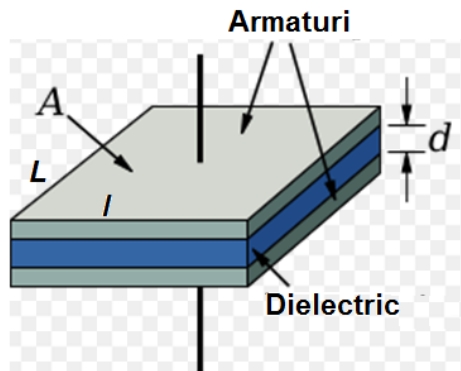
Submultipli: $1\mu F = 10^{-6}F$, $1nF = 10^{-9}F$, $1pF = 10^{-12}F$

Capacitatea unui condensator plan este dată de relația:

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} \quad \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r = \frac{D}{E}$$

unde :

- ϵ_0 reprezintă permitivitatea absolută a vidului $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$;
- ϵ_r reprezintă permitivitatea relativă a dielectricului ;
- $A = L \cdot l$ reprezintă aria armăturilor;
- d este distanța dintre armături.



Condensator nepolarizat	Condensator polarizat	Condensator variabil (trimer)

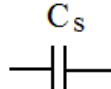
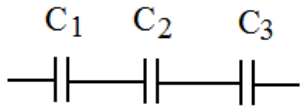
Condensatoare

Condensatorul înmagazinează energie electrică:

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU$$

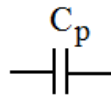
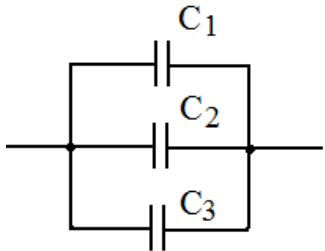
Gruparea condensatoarelor

Gruparea serie:



$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Gruparea paralel:

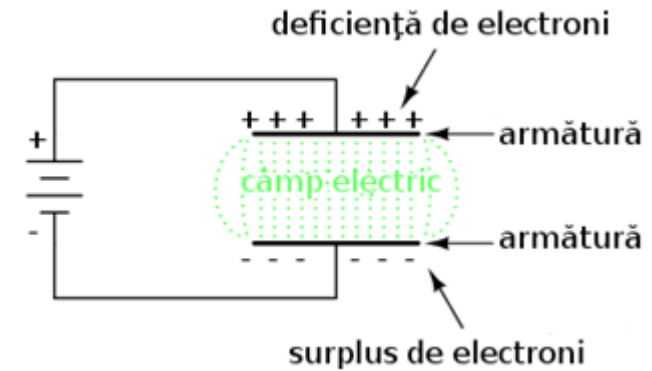


$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

- În domeniul timp, putem scrie relațiile:

$$i_c(t) = C \frac{du_c(t)}{dt}$$

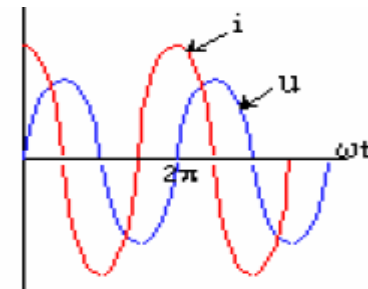
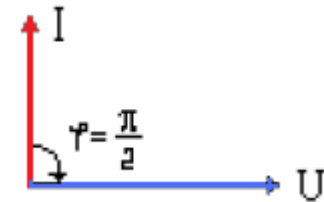
$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) dt$$



$$\underline{Z} = 1/j\omega C$$

C defazează curentul înaintea tensiunii cu $\pi/2$

Diagrama fazorială I-U:

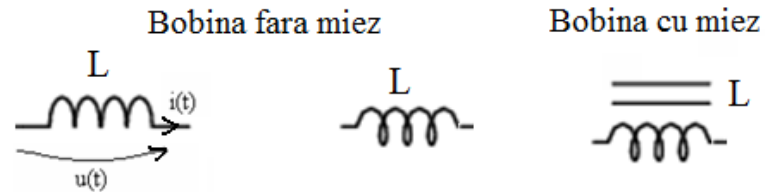


Inductoare

Inductorul sau bobina este o componentă pasivă cu impedanța preponderent inductivă.

Inductivitatea L - este definită ca raportul dintre fluxul magnetic propriu Φ și curentul I ce strabate bobina. Se măsoară în Henry [H]. $1 \text{ H} = 1 \text{ Wb}/1 \text{ A}$

$$L = \frac{\phi}{i} \quad [\text{H}]$$



L depinde de forma, dimensiunile și numărul de spire ale bobinei, precum și de permeabilitatea relativă a mediului (μ). Pentru o bobină cu un singur strat:

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{l} \quad [\text{H}], \quad \mu = \mu_r \mu_0$$

unde:

L - inductanța înfășurării (H)

N - numărul spirelor din înfășurare

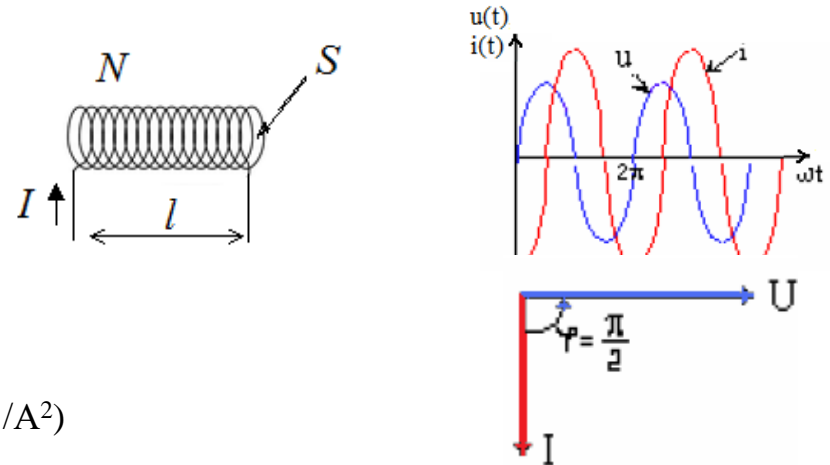
μ - permeabilitatea absolută a materialului miezului

μ_r - permeabilitatea relativă (1, pentru aer)

μ_0 - permeabilitatea vidului ($4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2} \approx 1,26 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$)

S - aria înfășurării (m^2)

l - lungimea medie a înfășurării (m)



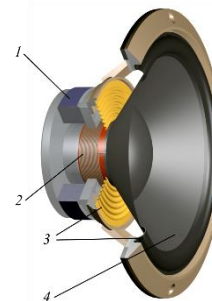
În domeniul timp, putem scrie relațiile:

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t u_L(t) dt$$

Aplicații ale bobinelor:

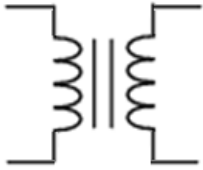
- Crearea de câmp magnetic pentru a interacționa cu obiecte de fier - electromagneți, relee electromagnetice, închizători electromagnetice;
- baleerea fascicolului de electroni pentru desenarea imaginii pe ecranul televizoarelor cu tub cinescop (crearea de câmpuri electromagnetice variabile pe orizontală și verticală);
- difuzoare acustice;
- inducerea de câmp magnetic rotativ în motoarele de curent continuu sau alternativ;
- inducerea de tensiune și curent în înfășurările generatoarelor de energie alternativă;
- protecția pe calea de alimentare la șocuri de curent (bobina nu permite variația bruscă a curentului);
- realizarea de circuite cuplate



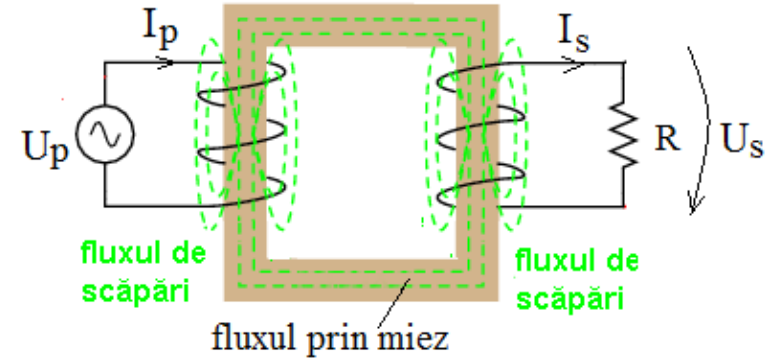
Transformatorul monofazat

Este realizat cu două bobine cuplate printr-un circuit magnetic închis.

Simbol:

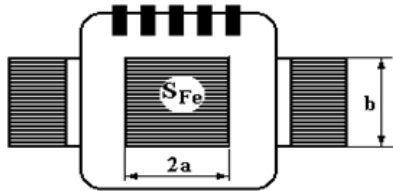


circuit magnetic:



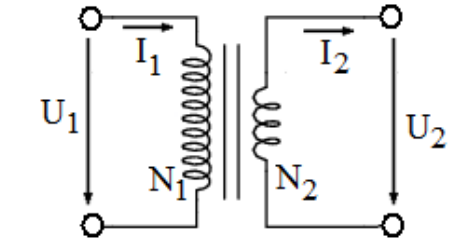
Bobina alimentată cu energie se numește înfășurarea primară, iar cea în care se induce tensiunea se numește înfășurarea secundară.

transformator coborător de tensiune



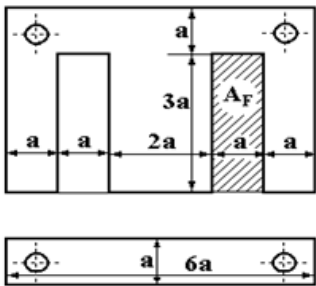
Sectiune transversala printr-un transformator

$$k = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

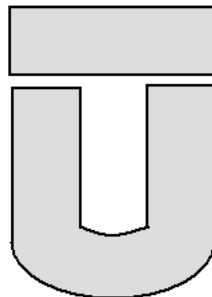


înfășurări multe
tensiune mare
curent mic

înfășurări puține
tensiune mică
curent mare

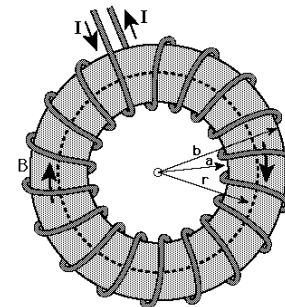


Tole E+I



Transformator cu tole ferita E+I

Transformator cu tole U+I



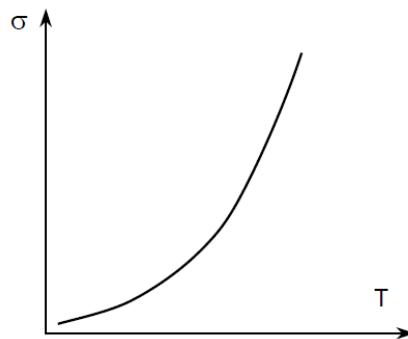
Transformator cu miez toroidal

Materiale semiconductoare

Materiale semiconductoare sunt materiale care se plasează între conductoare și izolatoare din punct de vedere al conductivității, având $\sigma \in [10^4, 10^{-8}] \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$. Conductivitatea lor este influențată puternic de temperatură, precum și de impurități, umiditate, presiune, lumină, etc.

La temperaturi foarte coborâte, semiconductoarele sunt izolatoare, iar la temperaturi ridicate sunt conductoare destul de bune.

În categoria semiconductoarelor intră o mare varietate de substanțe: oxizi, compuși, elemente chimice ca siliciul, germaniul, seleniul, etc.

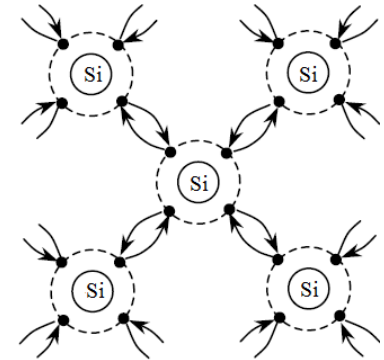


Semiconductoarele (grupa a 4-a a tabelului lui Mendeleev) au 4 electroni pe ultimul strat => fac *legături covalente* (pun în comun electroni).

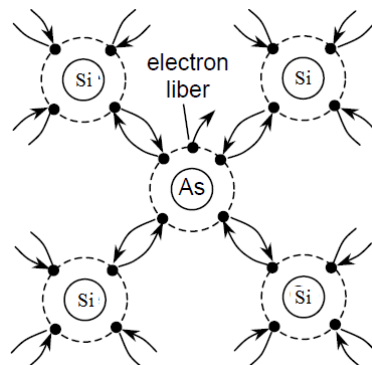
Un semiconductor pur se numește *intrinsec*.

Materiale semiconductoare utilizate în realizarea componentelor semiconductoare.

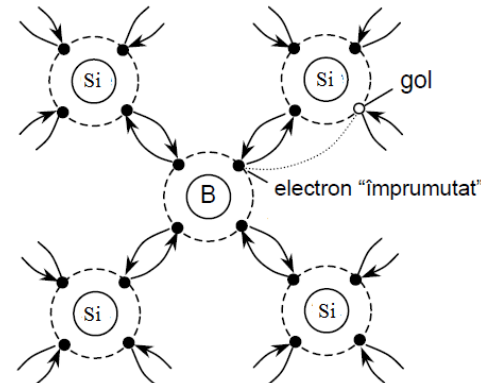
Sunt compuse din atomi tetravalenți (Siliciu, Germaniu sau compuși semiconductori ca arseniura de galiu GaAs)



Dacă are impurități se numește semiconductor *extrinsec*, și poate fi de tip *p* sau de tip *n*. (De ex.: Fosfor (P), Arsen (As), Stibiu (Sb) – pentavalenți și Bor (B), Aluminiu (Al), galiu (Ga) – trivalenți).



semiconductor tip **n**



semiconductor tip **p**

La semiconductorul *n* conducția se face prin electroni (electronii liberi)

La semiconductorul *p* conducția se face prin goluri (lipsă de electroni).

Componente active

Componentele active sunt bazate pe *joncțiunea semiconductoare pn*. Se numesc active deoarece pentru a funcționa au nevoie de tensiune de polarizare a joncțiunilor, iar unele dintre ele (tranzistoarele) pot mări semnalul electric aplicat la intrare, prin preluarea de energie electrică de la sursa de alimentare de curent continuu.

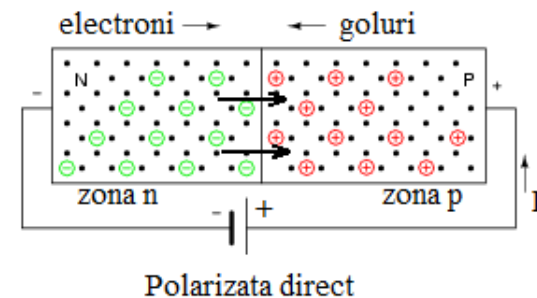
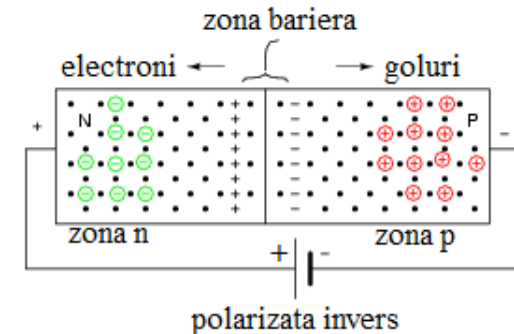
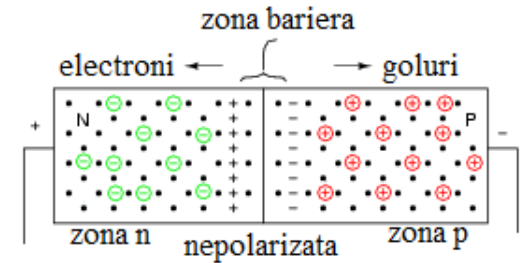
Principalele dispozitive active sunt: *diodele*, *tranzistoarele*, *tiristorul*, *triacul*.

Joncțiunea semiconductoare:

Dacă într-un semiconductor se realizează, prin procedee speciale, o zonă *p* și o zonă *n* alăturate, se obține o *joncțiune p – n*.

În zona de joncțiune se formează o barieră de potențial care face ca sarcinile negative (electronii) din zona *n* să nu poată să treacă în zona *p* (joncțiunea este blocată - nu avem curent prin joncțiune).

Dacă se aplică din exterior o tensiune electrică peste o anumită valoare (U_p – tensiune de prag) și cu potențialul pozitiv pe zona *p*, iar cel negativ pe zona *n*, joncțiunea se deschide și apare un curent prin ea.



Dioda semiconductoare:

- este un dispozitiv activ format dintr-o joncțiune *pn*.
- conduce curentul într-un singur sens, de la anod la catod.

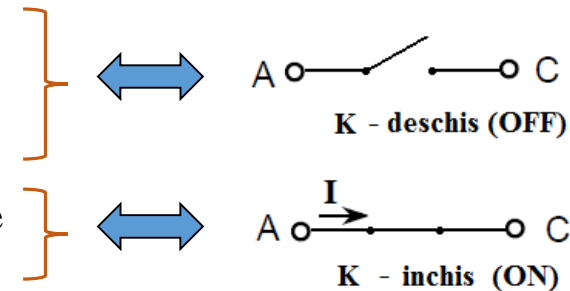
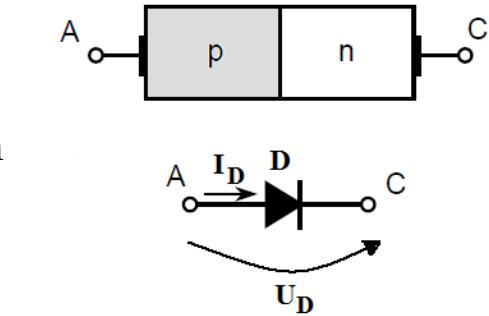
Dioda semiconductoare lucrează ca un *comutator electronic* ce comută în funcție de polaritatea tensiunii aplicate la borne.

Denumirea terminalelor:

- terminalul de pe zona p – Anod (A)
- terminalul de pe zona n – Catod (C sau K)

Notăm tensiunea pe dioda $U_D = U_{AC}$ și curentul prin diodă $I_D = I_A$
Astfel, dacă:

- $U_D \leq 0 \Rightarrow$ dioda este *polarizată invers* \Rightarrow este **blocată** ($I_D=0$)
- $0 \leq U_D \leq U_p \Rightarrow$ dioda este *polarizată direct, dar nu conduce* ($I_D=0$)
- $U_D \geq U_p \Rightarrow$ dioda este *polarizată direct* (se aplică o tensiune cu + pe anod și – pe catod) \Rightarrow **este în conducție** ($I_D \neq 0$).



Obs: $U_p = 0,6 - 0,7$ V pentru diodele cu Si

$U_p = 0,2 - 0,3$ V pentru diodele cu Ge

Dioda semiconductoare:

Pentru polarizare directă, dependența curentului prin diodă de tensiunea aplicată la bornele diodei este de tip exponențial:

$$I_D = I_S \cdot \left(e^{\frac{qU_D}{kT}} - 1 \right)$$

unde:

U_D - tensiunea aplicată la borne;

q - sarcina electrică elementară (a electronului $|e| = 1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$);

k - constanta lui Boltzmann ($k = 1,38065 \times 10^{-23} \text{ Joules / Kelvin}$);

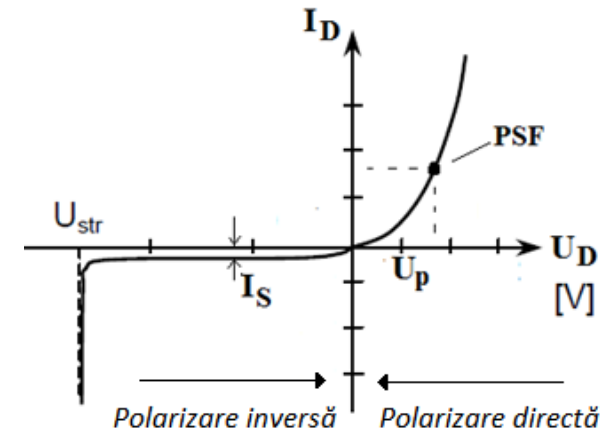
T - temperatura absolută [grade K];

I_S - curent de saturație, dependent de concentrațiile purtătorilor minoritari

$$U_T = \frac{kT}{q} \approx 26\text{mV} \quad \text{pentru } T = 300\text{K} \quad (\approx 27^\circ \text{ C}) - \text{ tensiune termică}$$

Reprezentarea grafică a dependenței curent – tensiunea pentru diodă se numește **caracteristica diodei**.

Un punct de pe caracteristica (I_D , U_D) se numește *punct static de funcționare* – PSF



Caracteristica statică a diodei

Componente cu joncțiune pn

Tipuri de diode semiconductoare

Dioda redresoare

Dioda Zenner (stabilizatoare)

Dioda electroluminiscentă (LED)

Dioda Varicap

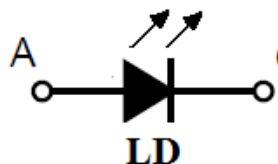
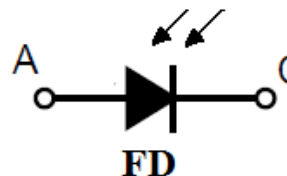
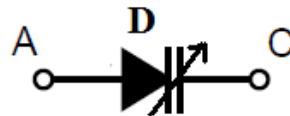
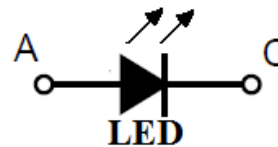
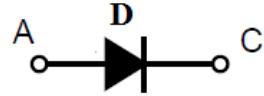
Fotodioda (FD)



Diode LASER (LD)

simbol „Pericol de radiație LASER”

simbol



aplicații

- redresarea curentului; protecție polaritate tensiune

- stabilizare tensiune; limitare tensiune;

- indicare luminoasă; iluminare; panouri afișare;
iluminare/transmitere date în infraroșu (IR LED)

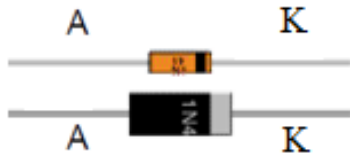
- în oscilatoare - controlul frecvenței de oscilație
(radio, tv, etc – pentru acord pe post)

- detecție lumină, conversie lumină – curent/
tensiune

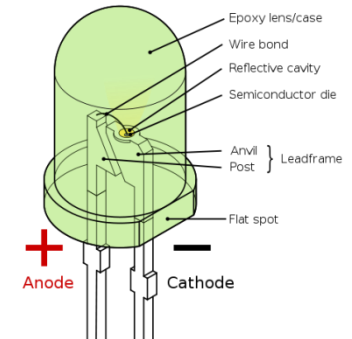
- (lumină coerentă) transmitere date prin FO;
pointere; holograme

Exemple:

Diode redresoare



Diode electroluminiscente (LED)

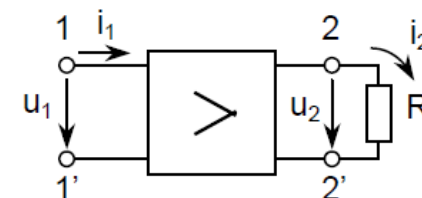


Componente active

Tranzistoare

Tranzistorul este un dispozitiv care are 3 terminale și poate să amplifice un semnal electric.

- Poate fi reprezentat ca un diport (intrare – ieșire) sau cuadripol (4 – borne):



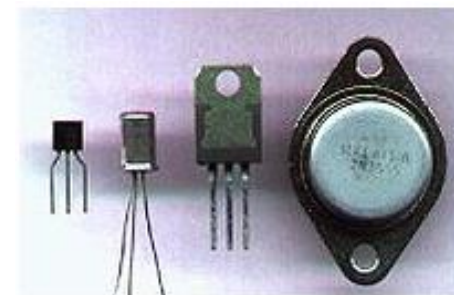
Tipuri de tranzistoare:

- *Constructiv:*

- tranzistoare bipolare,
- tranzistoare unipolare
- tranzistoare cu efect de câmp TEC-J (J-FET)
- tranzistoare MOS
- fototranzistorul

- *După putere:* tranzistoare de mică putere, de medie putere și de putere

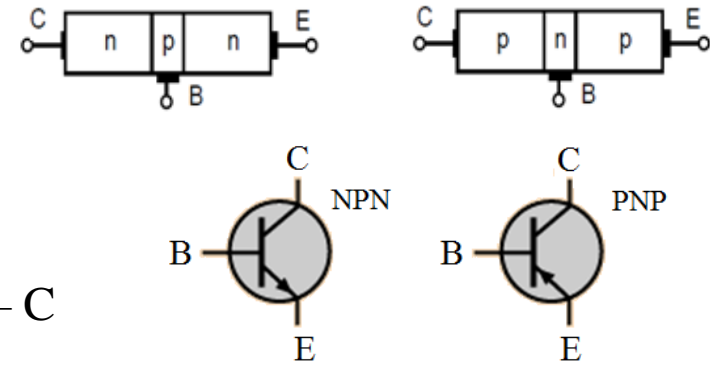
- *După frecvența de operare:* tranzistoare de joasă frecvență, tranzistoare de înaltă frecvență



Componente active

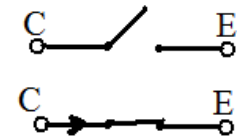
Tranzistorul bipolar TB

- Este format din două joncțiuni pn.
- Poate fi de două tipuri: NPN și PNP:
- Terminalele se numesc: Emitor – E, Bază – B și Colector – C

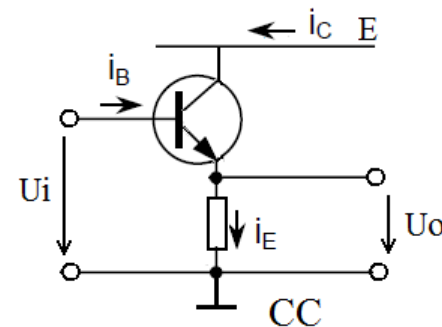
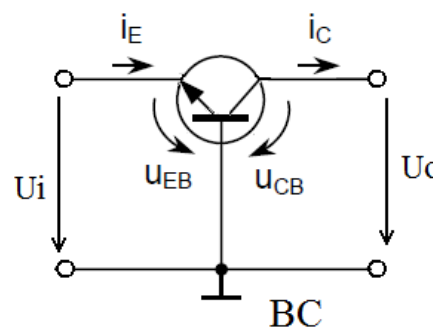
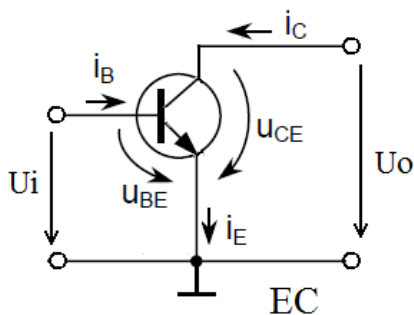


În funcție de polarizarea celor 2 joncțiuni, TB poate să lucreze în 4 regimuri:

- RAN - Regim activ normal - (ca amplificator) - $j_{BE} - PD, j_{CB} - PI$
- RB - Regim blocat - (întrerupător deschis) - $j_{BE} - PI, j_{CB} - PI$
- RS - Regim saturat - (întrerupător închis) - $j_{BE} - PD, j_{CB} - PD$
- RAI - Regim activ invers - (ca amplificator) - $j_{BE} - PI, j_{CB} - PD$



Conexiunile tranzistorului.



Relații pentru TB

Relațiile între tensiuni și curenți:

$$i_E = i_B + i_C$$

$$u_{CE} = u_{CB} + u_{BE}$$

$$i_C = \beta \cdot i_B$$

$$\beta = \frac{i_C}{i_B}$$

β – factor de amplificare în curent (50 - 200)

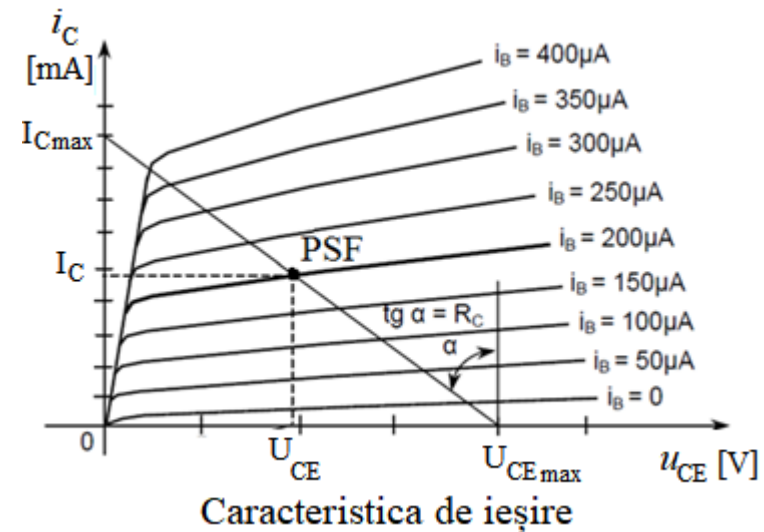
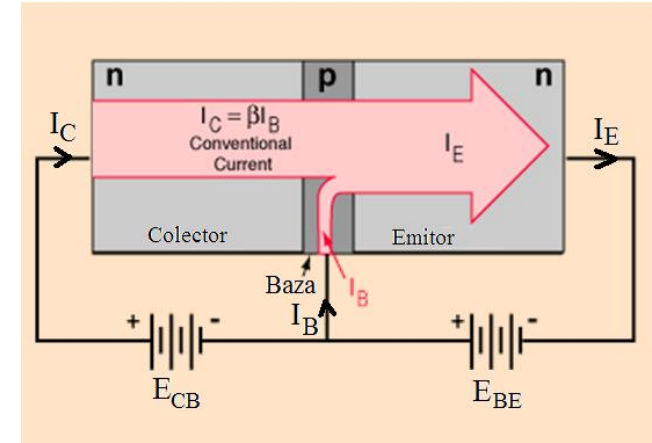
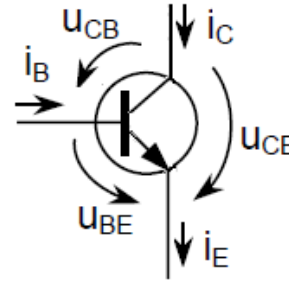
Caracteristica tranzistorului:

$$I_C = I_S \cdot e^{\frac{qU_{BE}}{kT}}$$

PSF și dreapta de sarcină

PSF - (I_C , U_{CE}).

$$V_{CEsat} = 0,2 - 0,3V$$



Utilizare TB

Comutator electronic comandat: Sarcina se cuplează în colector

Comandă releu

Ex: Dacă $\beta = 50$ și $I_B = 1\text{mA}$, cât este curentul prin releu?

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 1\text{mA} = 50\text{mA}$$

Comandă LED

Cât trebuie să fie rezistorul R pentru a comanda LED-ul la un curent de 10mA? ($\beta = 10$, $R_B = 4,3\text{K}\Omega$, $U_{CEsat} = 0,3\text{V}$, $U_i = 5\text{V}$, $U_{LED} = 2\text{V}$).

$$U_i = R_B \cdot I_B + U_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{U_i - U_{BE}}{R_B} = \frac{5\text{V} - 0,7\text{V}}{4,3\text{K}\Omega} = \frac{4,3\text{V}}{4,3\text{K}\Omega} = 1\text{mA}$$

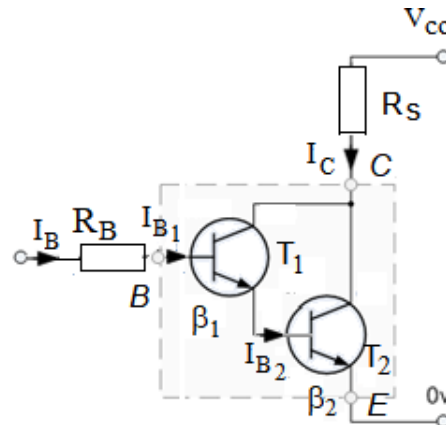
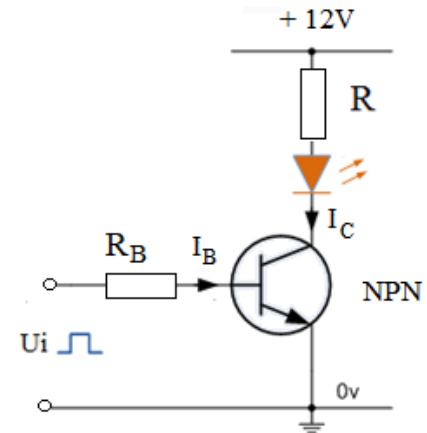
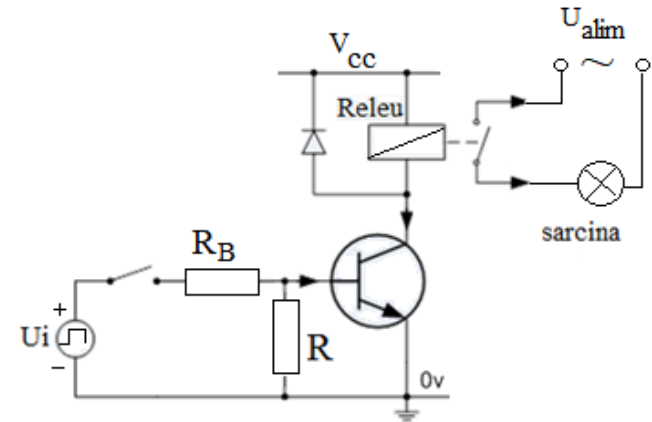
$$12\text{V} = R \cdot I_C + U_{LED} + U_{CEsat} \Rightarrow R = \frac{12\text{V} - 2\text{V} - 0,3\text{V}}{I_C} = \frac{9,7\text{V}}{10\text{mA}} = 970\Omega$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 10 \cdot 1\text{mA} = 10\text{mA}$$

Montaj Darlington

(creștere amplificare în curent):

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad I_C = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_B$$

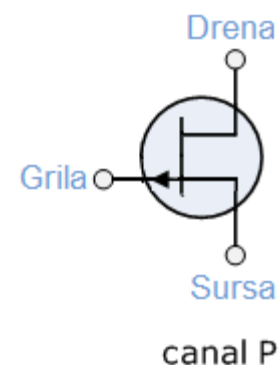
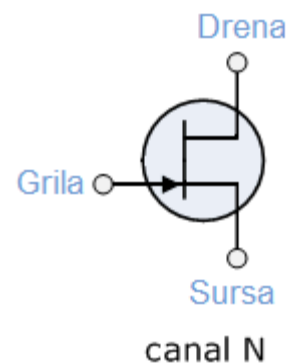


Tranzistoare unipolare – conducția electrică este asigurată de un singur tip de purtători de sarcină. Controlul curentului de ieșire (I_D) se face cu tensiune (câmp electric) și nu cu curent ca la tranzistoarele bipolare.

Tranzistoare cu efect de câmp cu joncțiune **TEC-J** (JFET):

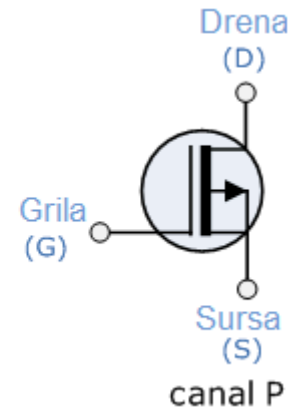
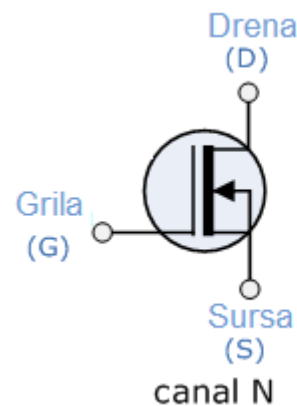
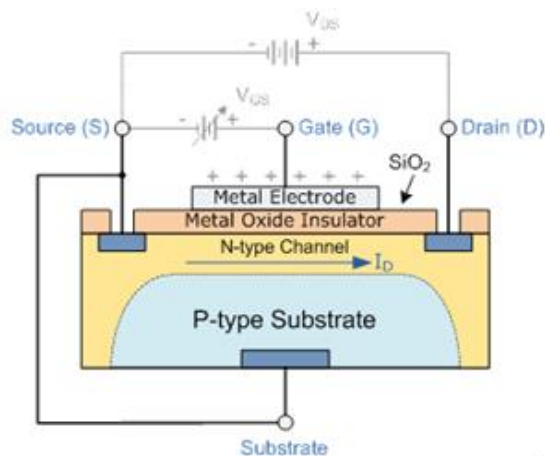
- cu canal n
- cu canal p

$$I_{DS} = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right]^2$$



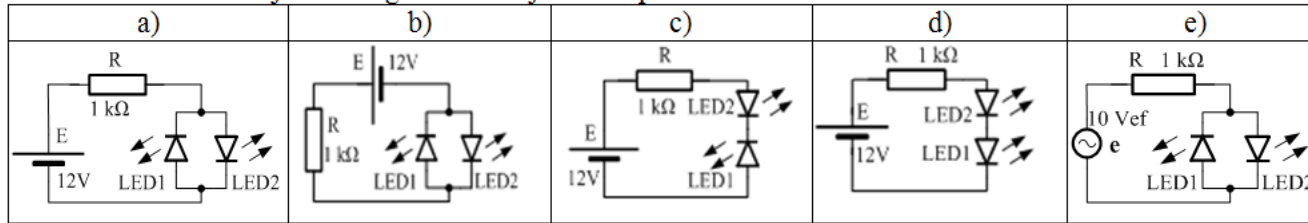
Tranzistoare **MOS** (MOSFET)
metal-oxid-semiconductor

- cu canal n
- cu canal p

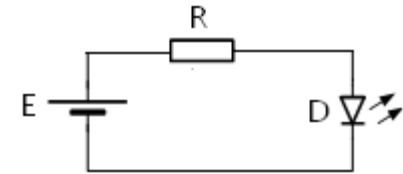


Probleme

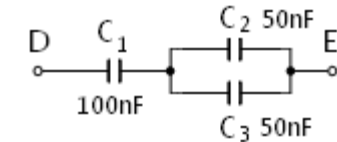
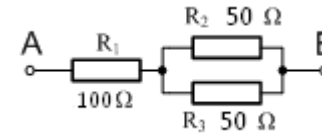
1. În care din montajele din figura de mai jos este aprinsă dioda electroluminiscentă LED1?



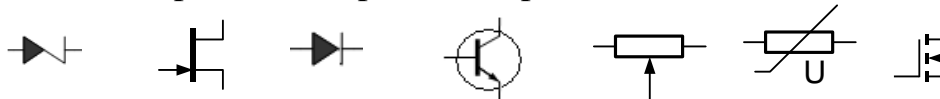
2. În figura de mai jos se prezintă schema de polarizare a unui LED. Considerând $E=5V$ să se calculeze R astfel încât curentul prin diodă să fie de $10mA$, iar căderea de tensiune pe diodă de $1,5V$.



3. Să se calculeze valoarea rezistenței echivalente între punctele A și B și valoarea capacității echivalente între punctele D și E din figurile alăturate.

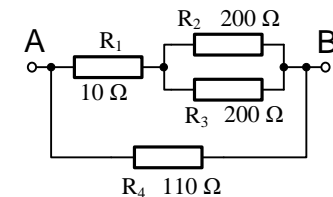


4. Sa se precizeze componentele reprezentate prin simbolurile:

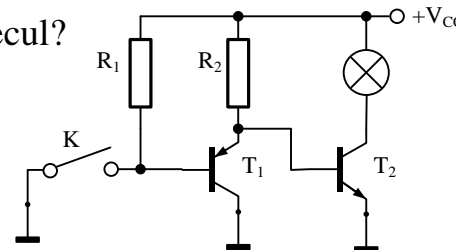


5. Un rezistor marcat în codul culorilor cu maro, negru, maro, auriu are valoarea rezistenței nominale și toleranța:

6. Rezistența echivalentă între punctele A și B din figura alăturată este:



7. Pentru ce poziție a comutatorului K se aprinde becul?
În ce regim lucrează fiecare tranzistor?



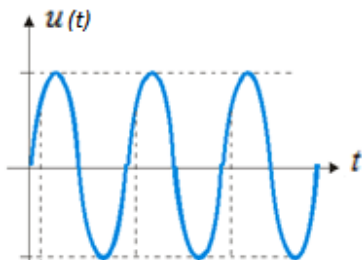
Semnale electronice analogice și digitale

Un *semnal* este orice mărime fizică ce variază în timp și spațiu și poartă o informație, adică acea variație înseamnă ceva. Semnalele electrice sunt reprezentate de variații ale tensiunii și/sau curentului.

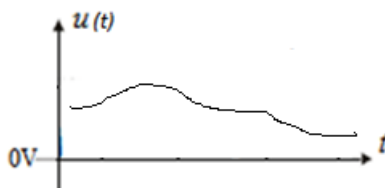
Semnalele prelucrate de circuitele electronice se împart în două mari categorii:

Semnale analogice

- Sunt semnale periodice și neperiodice care sunt continue în timp și care pot lua orice valoare dintr-un anumit interval – (pot fi descrise de funcții continue).
- Exemple de semnale analogice:



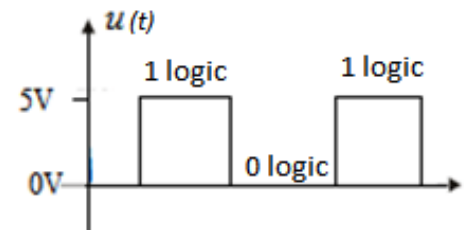
Semnal analogic periodic (sinusoidal)



Semnal analogic neperiodic

Semnale digitale

- sunt semnale care au doar două valori ce reprezintă 2 stări: “0” logic – *fals* și “1” logic – *adevărat*. (Acestea se mai numesc și semnale discrete ca valori);
- În sistemele secvențiale, acestea se analizează/prelucrează la anumite momente de timp, deci sunt și discrete în timp.



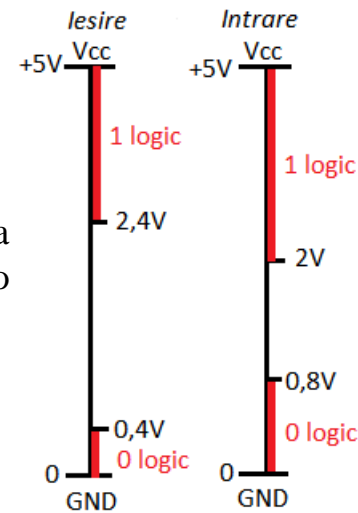
Nivele logice în circuitele digitale:

Nivele TTL (Tranzistor Tranzistor Logic) la ieșire (se alimentează cu $V_{cc} = +5V$, cu o variație de maximum $\pm 0,5V$):

0 logic: tensiune între 0 și 0,4V la ieșire

1 logic: tensiune între 2,4V și V_{cc} la ieșire

Pe intrare domeniul se extinde cu 0,4V

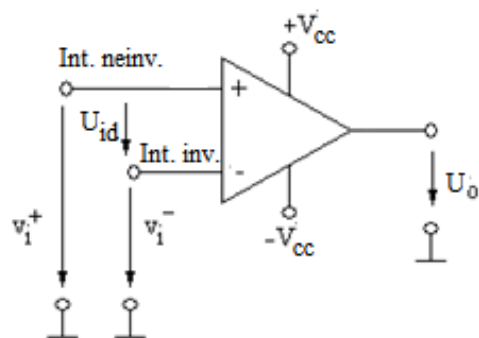


Circuite electronice analogice

Amplificatoare Operaționale (AO)

Sunt amplificatoare de tensiune în buclă deschisă, cu amplificare foarte mare, realizate sub formă de circuit integrat, care au două borne de intrare (intrare inversoare - și intrare neinversoare +) și se alimentează cu tensiune continuă simetrică.

Simbolul AO:

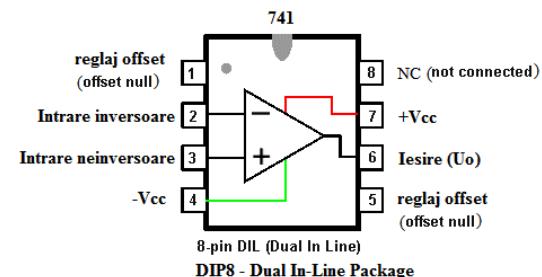


$$U_o = a \cdot U_{id} = a \cdot (V^+ - V^-)$$

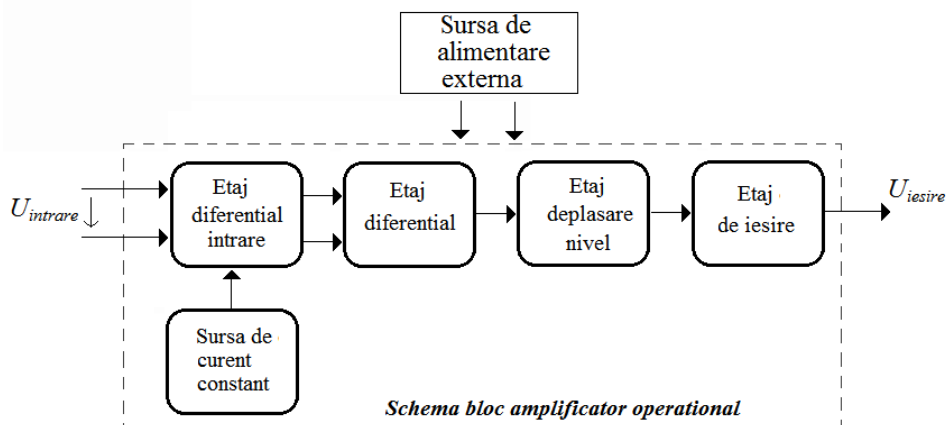
$$A_u = \frac{U_o}{U_{id}} = \frac{U_o}{V^+ - V^-}$$



CI 741 capsula DIP8

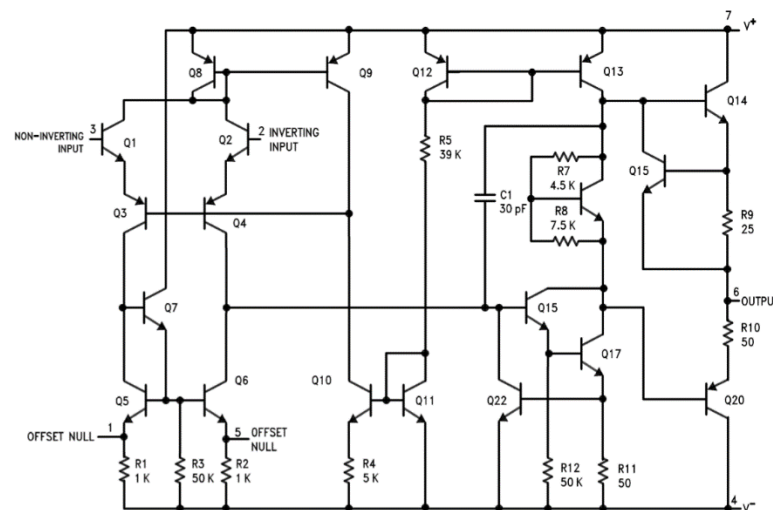


denumire pini



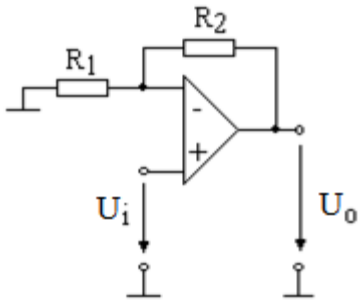
Schema bloc amplificator operational

Schemă bloc amplificator operațional



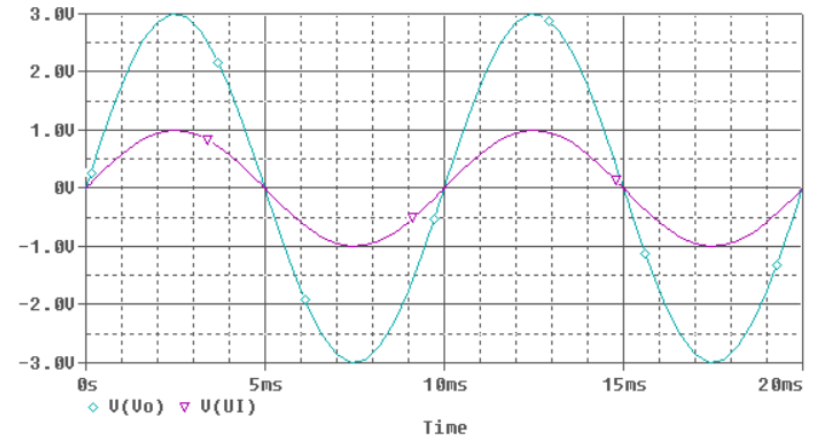
Schema electrică internă

Amplificator neinversor



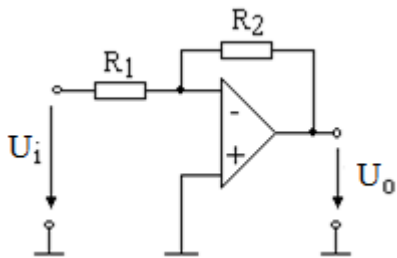
$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_i$$



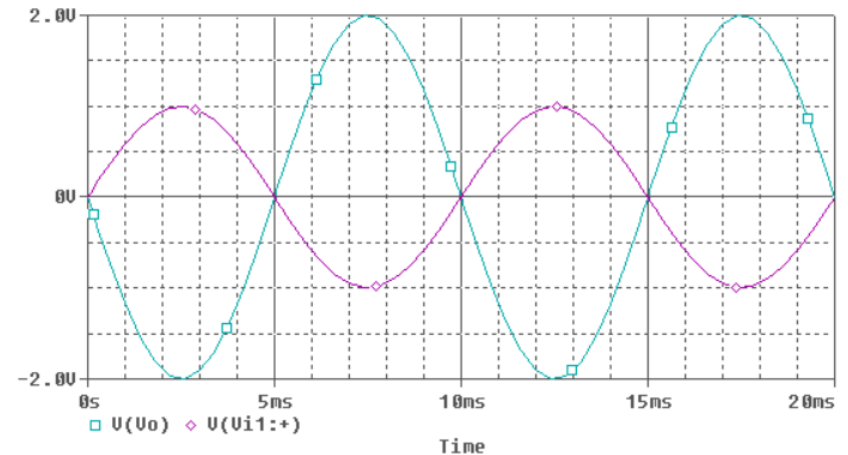
Tensiunea la intrare și la ieșire pentru
 $R_1=1\text{K}$ și $R_2=2\text{K}$

Amplificator inversor



$$A = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$U_0 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_i$$



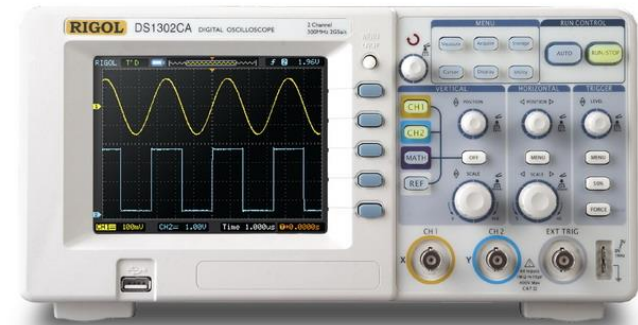
Tensiunea la intrare și la ieșire pentru
 $R_1=1\text{K}$ și $R_2=2\text{K}$

Măsurarea mărimilor electrice în circuit

Aparate de măsură pentru mărimi electrice.

Clasificare

- ❑ După modul de prelucrare și afișare:
 - Analogice (cu ac indicator, de tip BAR, etc)
 - Digitale – cu afișaj cu cifre (LCD, LED; 7 segmente, matriceale, etc.)
- ❑ După mărimea măsurată:
 - Voltmetre – măsoară tensiunea electrică
 - Ampermetre – măsoară curentul electric
 - Ohmetre – măsoară rezistența electrică
 - Capacimetre – măsoară capacitatea electrică
 - Frecvențmetre – măsoară frecvența tensiunii
 - Multimetre – măsoară mai multe mărimi electrice
- ❑ Osciloscoape – reprezintă grafic tensiunea variabilă (semnal) pe un ecran. Măsoară semnale variabile periodice rapide.
- ❑ Semnalele variabile neperiodice se pot vizualiza cu osciloscoape cu memorie sau înregistratoare.

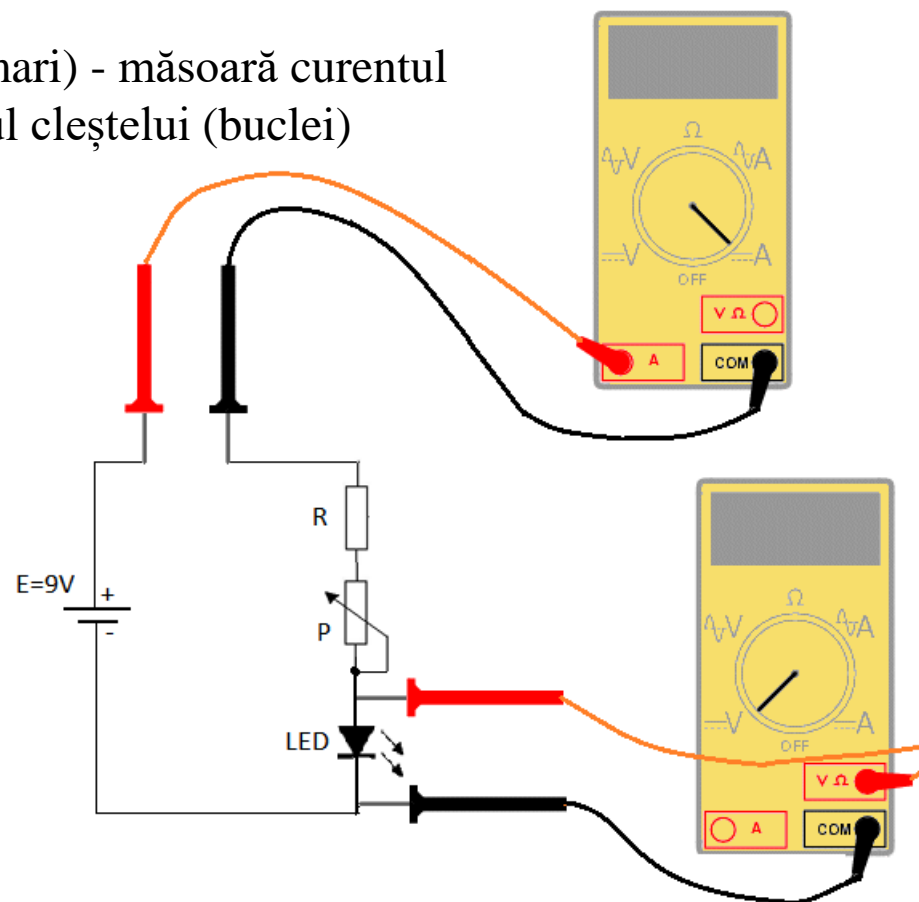
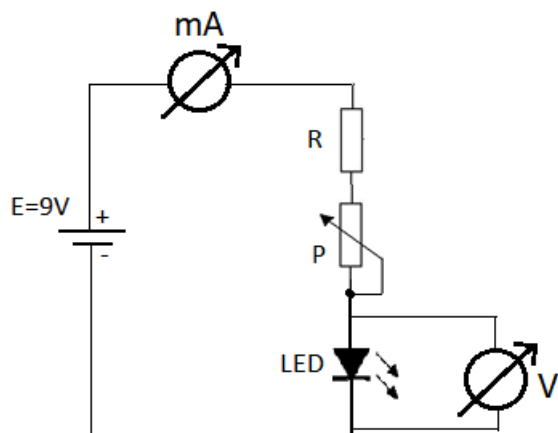


Măsurarea mărimilor electrice în circuit

Măsurare tensiune electrică - Conectare voltmetru în paralel cu circuitul (preluare diferență de potențial)

Măsurare curent electric

- Cu ampermetrul - conectare ampermetru în serie cu componenta prin care se măsoară curentul;
- Cu cleștele de curent (pentru curenți mari) - măsoară curentul prin conductorul amplasat în interiorul cleștelui (buclei)

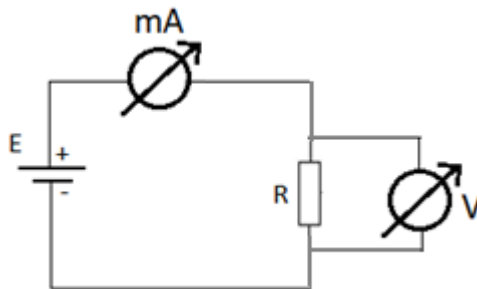


Măsurarea mărimilor electrice în circuit

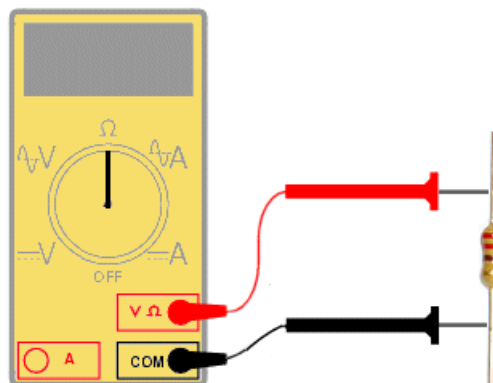
Măsurare rezistenței electrice

- Prin metoda voltmetru – ampermetru. Se aplică o tensiune de la o sursă de tensiune la bornele rezistorului și se măsoară tensiunea și curentul prin acesta. Se împarte apoi tensiunea măsurată la curentul măsurat și se obține valoarea rezistenței electrice (Legea lui Ohm)

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

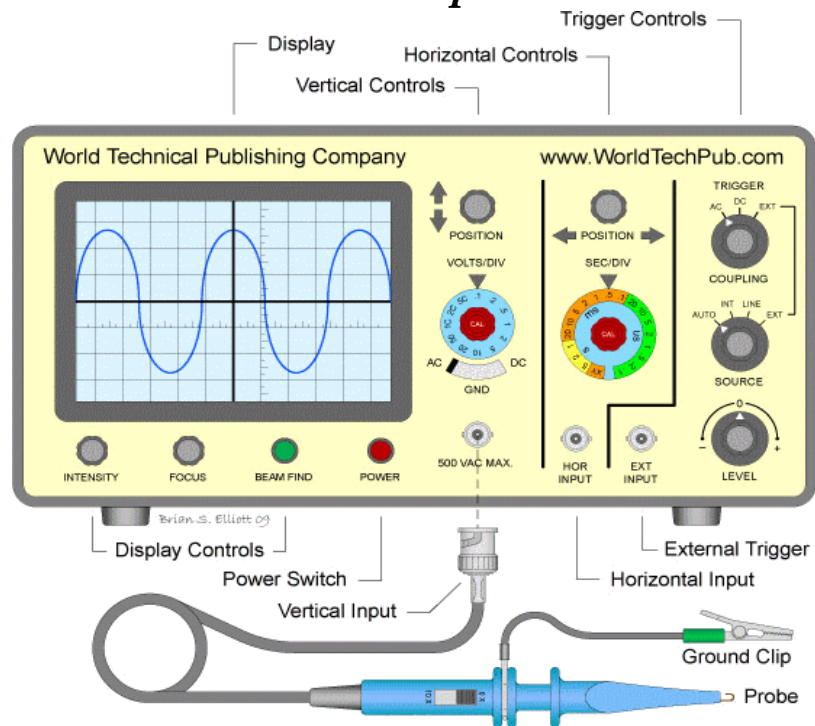


- Cu ohmetrul – Se măsoară rezistența direct, conectând terminalele rezistorului la bornele ohmetrului. (Obs. Rezistorul trebuie deconectat din circuit și tensiunea de alimentare a circuitului oprită)



Măsurarea mărimilor electrice în circuit

Măsurare cu osciloscopul



Sondă de măsurare

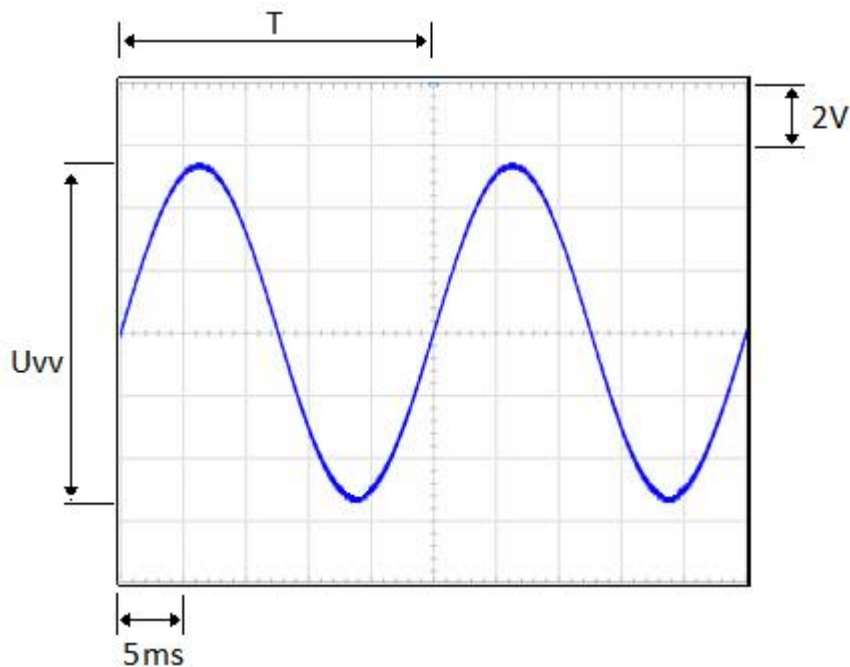
După ce se reglează osciloscopul pentru a putea afișa corespunzător semnalul pe ecran, se pot măsura perioada acestuia și duratele pe orizontală, respectiv valoarea tensiunii pe verticală.

Măsurarea perioadei se face prin înmulțirea numărului de diviziuni (pătrățele) pe orizontală cu timpul setat pe diviziunea orizontală (bază de timp – timp/div), iar măsurarea amplitudinii/tensiunii vârf-la-vârf se face înmulțind numărul diviziunilor (pătrățelele) pe verticală corespunzătoare, cu tensiunea setată pe fiecare diviziune (atenuator pe verticală - Volți/div). Restul parametrilor se calculează.

Obs. Osciloscopul digital pot calcula și afișa pe ecran și restul parametrilor tensiunii măsurate

Măsurare cu osciloscopul

Exemplu de măsurare pentru semnal sinusoidal:



Atenuatorul pe verticală $A_{ty} = 2V/div$
 Baza de timp $BT = 5ms/div$

$$\text{Perioada } T = 5 \text{ div} \cdot 5ms/div = 25ms \Rightarrow \mathbf{f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25ms} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-3}s} = \frac{1000}{25} Hz = 40Hz}$$

$$\text{Amplitudinea } A = 2,6 \text{ div} \cdot 2V/div = 5,2 \text{ V}$$

$$\text{Tensiunea vârf la vârf } U_{vv} = 5,2 \text{ div} \cdot 2V/div = 10,4 \text{ V}$$

$$\text{Tensiunea efectivă } U_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot A = 0,707 \cdot 5,2V = 3,67V$$

Circuite electronice analogice

Divizorul de tensiune - reduce tensiunea aplicată la bornele sale. În curent continuu se folosesc rezistoare conectate în serie, pe care tensiunea aplicată la intrare se împarte într-un raport dependent de valorile rezistoarelor.

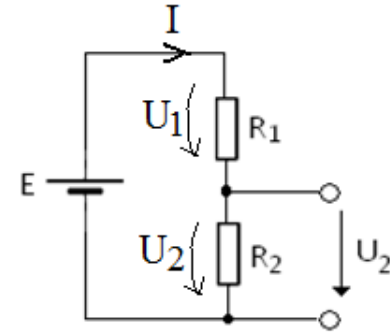
Pentru tensiuni continue și alternative – divizorul rezistiv:

Calcul:
$$I = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = \frac{E}{R_1 + R_2} \cdot R_2$$



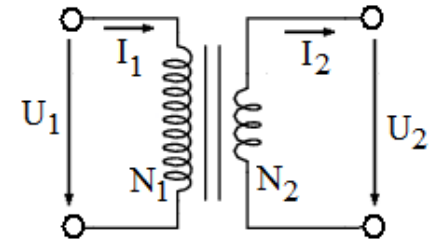
$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$



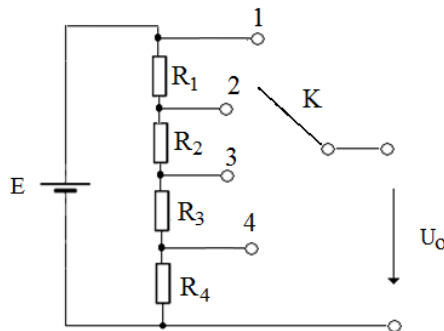
Pentru tensiuni alternative (divizor cu transformator – numai în curent alternativ:

k – raport de transformare

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$$



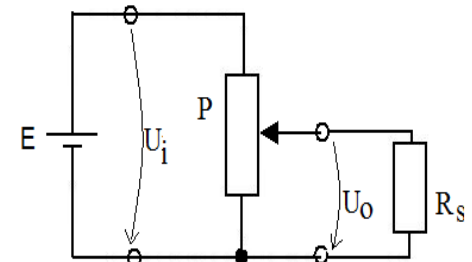
Divizorul de tensiune reglabil în trepte (ca și cc):



Divizor de tensiune reglabil continuu (cc și ca):

$$U_o = \frac{kP}{P} \cdot E = k \cdot E$$

$$U_o \in [0, U_i]$$



Circuite electronice analogice

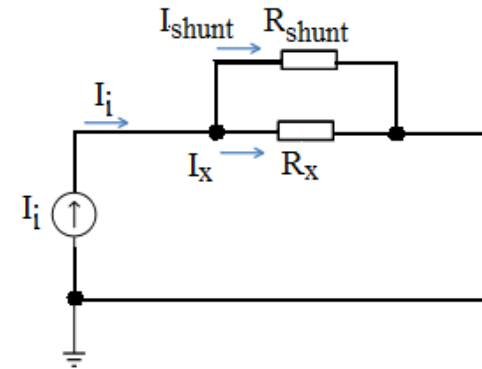
Divizorul de curent

$$I_i = I_x + I_{\text{shunt}}$$

Folosește un rezistor shunt în paralel cu sarcina.

$$U_x = U_{\text{shunt}} \Leftrightarrow I_{\text{shunt}} \cdot R_{\text{shunt}} = I_x \cdot R_x \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow (I_i - I_x) \cdot R_{\text{shunt}} = I_x \cdot R_x \Rightarrow I_i \cdot R_{\text{shunt}} = I_x (R_{\text{shunt}} + R_x) \Rightarrow$$

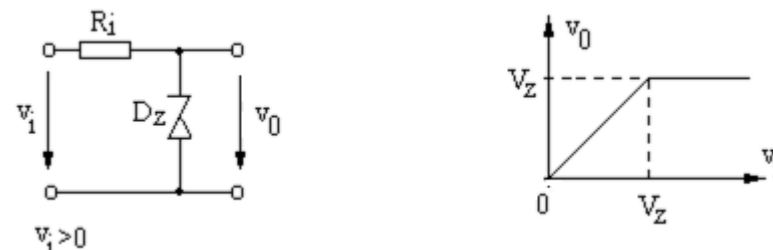


$$I_x = \frac{R_{\text{shunt}}}{R_x + R_{\text{shunt}}} I_i$$

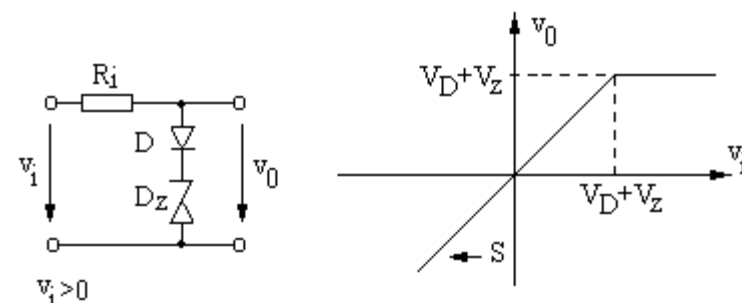
Circuite electronice analogice

Limitatorul de tensiune paralel:

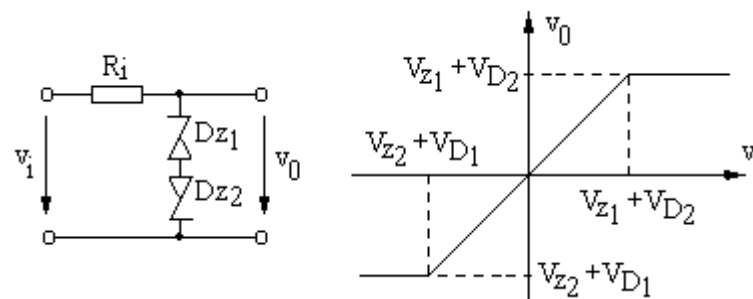
Limitator paralel (derivație) cu dioda Zener pentru tensiuni pozitive la intrare



Limitator paralel cu dioda Zener doar pentru tensiuni pozitive, cele negative nefiind limitate.

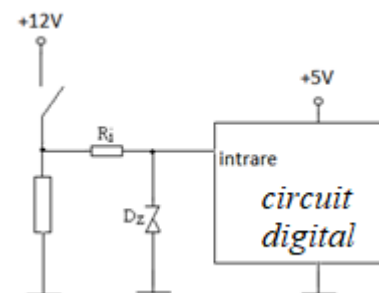


Limitator derivație cu dioda Zener pentru ambele polarități ale tensiunii de la intrare.



Exemplu utilizare limitator:

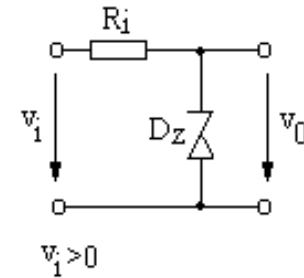
În situația unui semnal preluat de la un contact alimentat la o tensiune mai mare de 5 V și care trebuie aplicat la intrarea unui circuit digital care acceptă maximum 5V.



Circuite electronice analogice

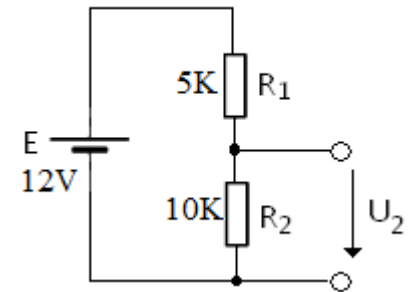
Aplicații

1. Pentru circuitul alăturat să se aleagă tensiunea diodei Zener și valoarea rezistenței R_i dacă la intrare tensiunea V_i poate avea valori între 0 și 30V, iar la ieșire tensiunea U_o trebuie să fie în intervalul [0-5V]. $I_z = 15\text{mA}$. Să se reprezinte grafic caracteristica de transfer a circuitului.

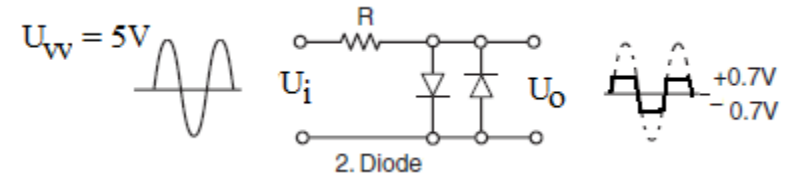
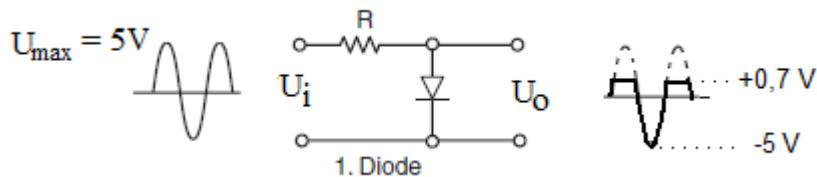


2. Cât este tensiunea U_2 de la ieșirea divizorului de tensiune?

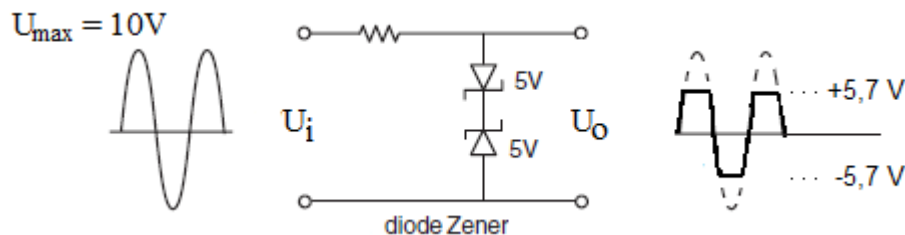
$$U_2 = I \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E = \frac{10\text{K}\Omega}{10\text{K}\Omega + 5\text{K}\Omega} \cdot 12\text{V} = \frac{10\text{K}\Omega}{15\text{K}\Omega} \cdot 12\text{V} = 8\text{V}$$



3. Cât este tensiunea U_o de la ieșirea limitatorului realizat cu diode redresoare?



4. Cât este tensiunea U_o de la ieșirea limitatorului realizat cu diode Zener?



Circuite electronice analogice

Convertoare de energie electrică

Sunt circuite care convertesc tensiunea electrică alternativă în tensiune continuă și invers.

După tipul conversiei, acestea se pot împărți în:

- **Convertoare AC/DC** - convertesc tensiunea alternativă în tensiune continuă (prin redresare).

Se mai numesc pe scurt **alimentatoare** sau redresoare.

- **Convertoare DC/AC** - convertesc tensiunea continuă în tensiune alternativă de o anumită frecvență (**invertoare**).

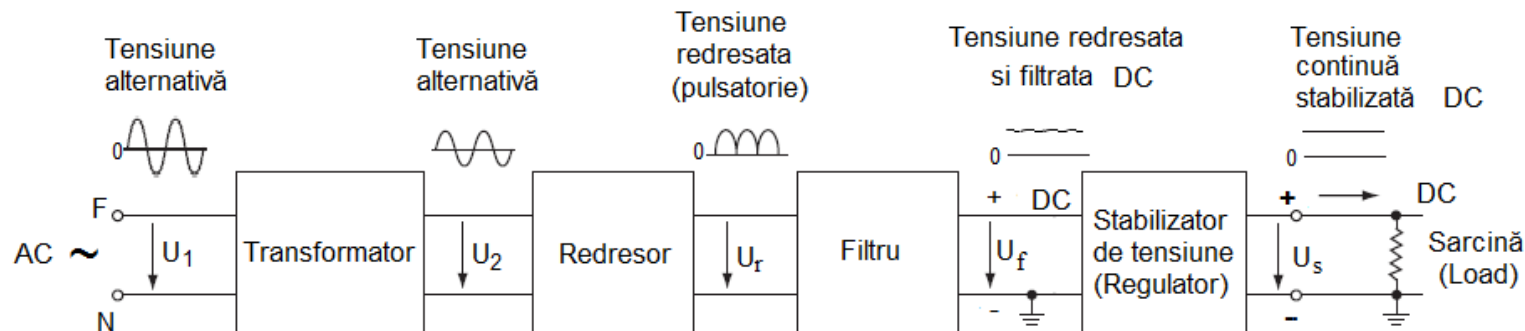
Aplicații: UPS – Uninterruptible Power Supply; convertesc energia continuă de la baterii, celule solare în energie alternativă (220V, 50Hz), etc.

- **Convertoare DC/DC** – convertesc o tensiune continuă (DC) de un anumit nivel într-o tensiune continuă de alt nivel (DC). Conversia se poate face în mod continuu sau discontinuu (în comutație).

- **Convertoare AC/AC** – convertesc o tensiune alternativă AC de o anumită mărime și frecvență într-o tensiune AC de altă mărime și frecvență (invertoare de frecvență sau *cicloconvertoare*).

Aplicații: controlul turației motoarelor AC sincrone, pornirea motoarelor sincrone, etc.

Schemă bloc alimentator (convertoare AC/DC):



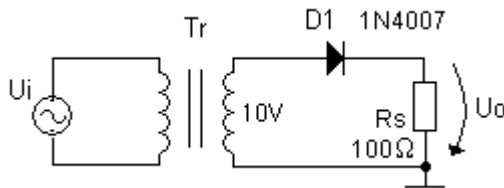
Circuite electronice analogice

Redresoare de tensiune

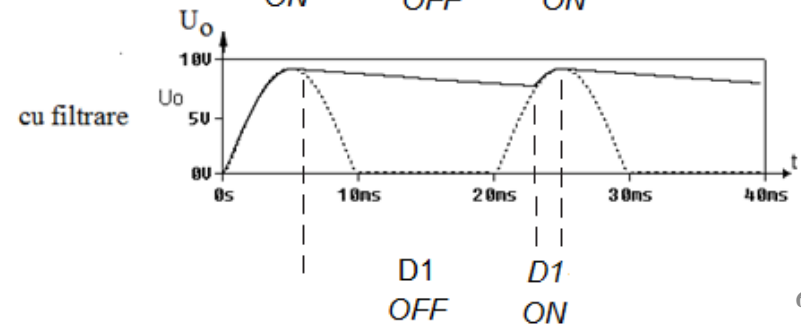
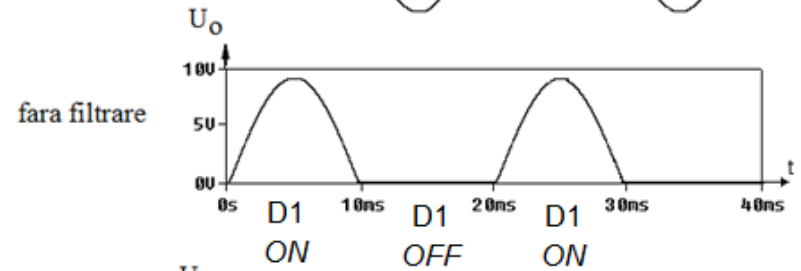
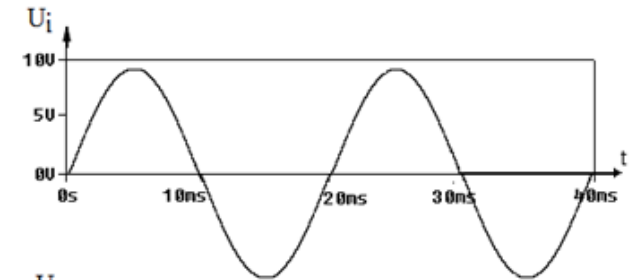
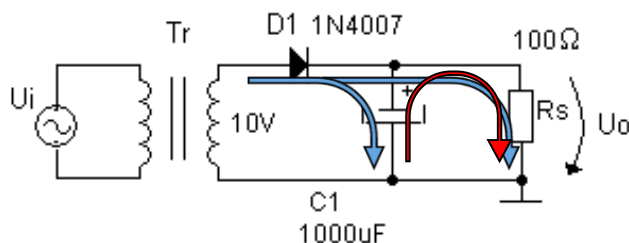
- Sunt circuite care convertesc energia alternativă în energie pulsatorie, cu mici variații. Pot fi:
 - După numărul de alternanțe:
 - redresoare *monoalternanță*
 - redresoare *dublă alternanță*
 - După numărul de faze:
 - redresoare *monofazate*
 - redresoare *trifazate* (sau polifazate)

Redresoare monofazate monoalternanță:

fără filtru

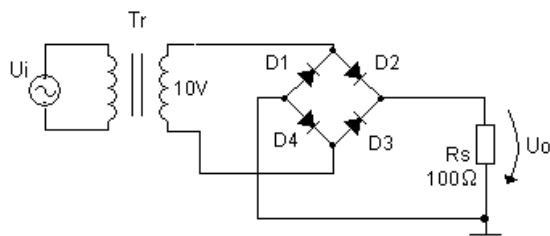


cu filtru

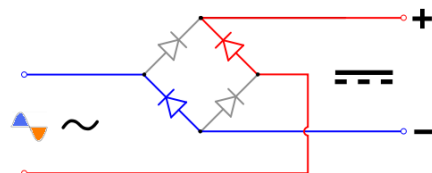
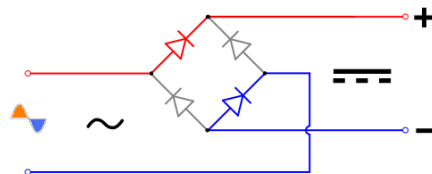
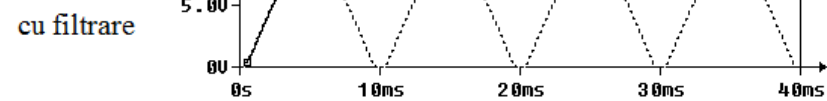
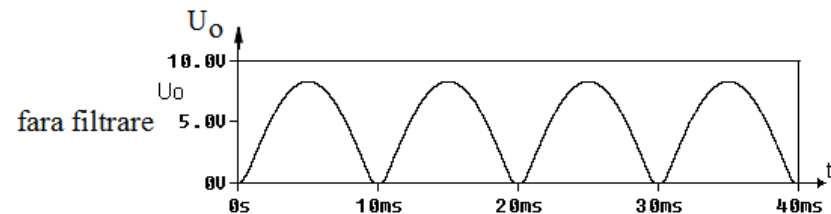
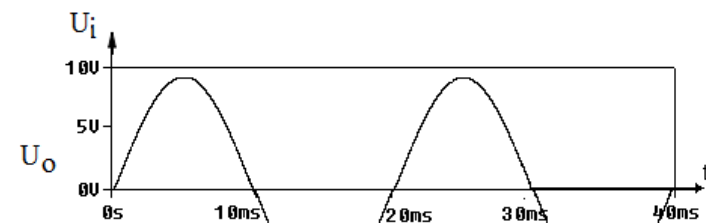
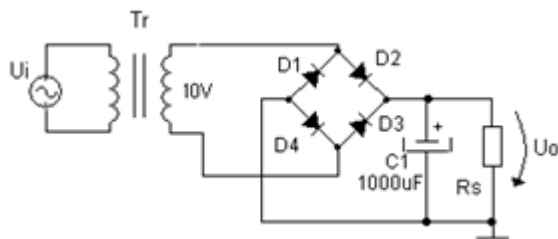


Redresoare monofazate dublă alternanță în punte:

fără filtru



cu filtru



Funcționare punte diode

Circuite digitale

Sunt circuite care prelucrează semnale digitale cu 2 stări:

1 logic - adevărat ; 0 logic - fals

Circuitele digitale se împart în 2 categorii:

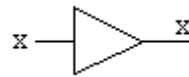
- circuite logice combinaționale (CLC) - ieșirea depinde doar de combinația aplicată la intrare și de funcția logică
- circuite logice secvențiale (CLS) - ieșirea depinde de combinația aplicată la intrare dar și de starea anterioară a ieșirii, iar ieșirea se modifică sincron cu un semnal de tact (ceas).



Cele mai simple circuite logice care îndeplinesc funcțiile de bază de la logica matematică se numesc **porți logice**.

Funcții logice elementare:

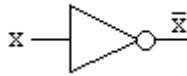
Funcția identitate (buffer , repeto):



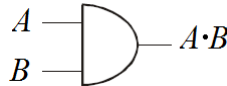
A	B	A·B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	$\overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Funcția negare (inversor):



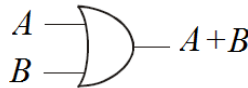
Funcția ȘI (AND):



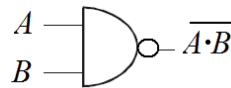
A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	B	$\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

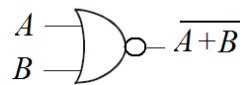
Funcția SAU (OR):



Funcția ȘI-NU (NAND):



Funcția SAU-NU (NOR):



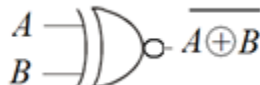
A	\overline{A}
0	1
1	0

Funcția SAU exclusiv (XOR)



A	B	A⊕B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Funcția coincidență (XOR negat)



Circuite digitale

Proprietățile funcțiilor logice

$$x \cdot 0 = 0$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \cdot x = x$$

$$x \cdot \bar{x} = 0$$

$$x + 0 = x$$

$$x + 1 = 1$$

$$x + x = x$$

$$x + \bar{x} = 1$$

Comutativitate

$$x + y = y + x$$

$$x \cdot y = y \cdot x$$

Asociativitate

$$x + (y + z) = (x + y) + z = x + y + z$$

$$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z = x \cdot y \cdot z$$

Distributivitate

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$$

$$(w + x) \cdot (y + z) = w \cdot y + w \cdot z + x \cdot y + x \cdot z$$

$$x + x \cdot y = x$$

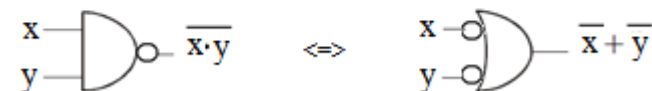
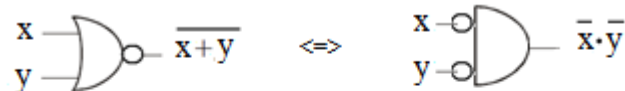
$$x + \bar{x}y = x + y$$

$$\bar{\bar{x}} = x$$

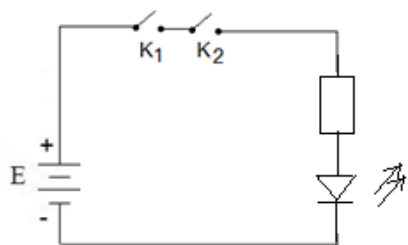
De Morgan:

$$\overline{(x + y)} = \bar{x} \cdot \bar{y}$$

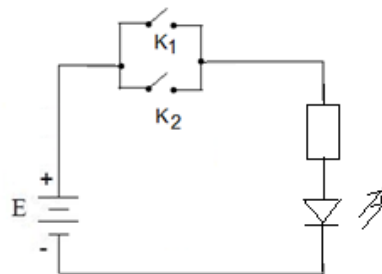
$$\overline{x \cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$$



Realizare funcții logice K închis = 1 logic



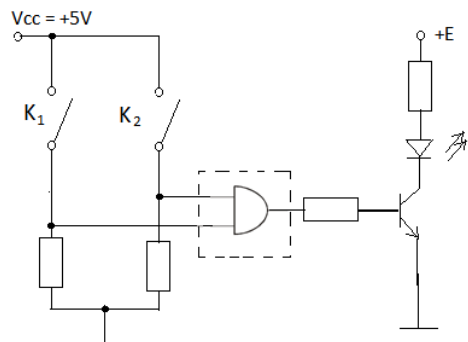
ȘI cablat



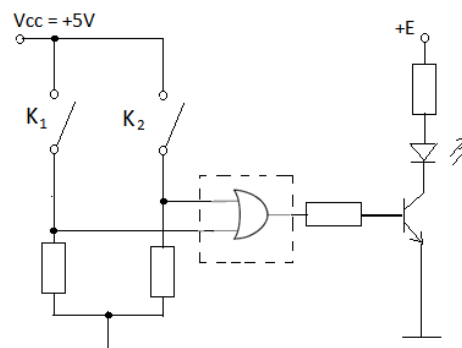
SAU cablat

Funcție logică cablată.

Modificare funcție logică prin modificare fizică a circuitului



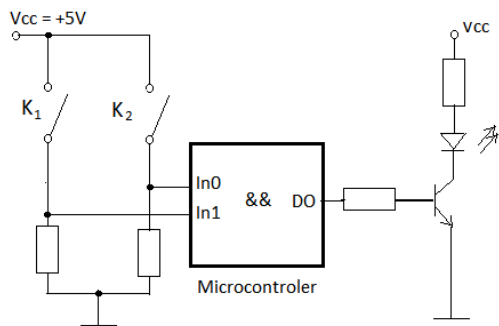
ȘI logic cu poartă



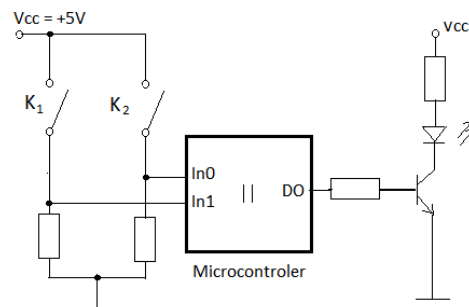
SAU logic cu poartă

Funcție logică hardware cu circuite hardware dedicate.

Modificare funcție logică prin schimbare poartă logică.



ȘI logic software



SAU logic software

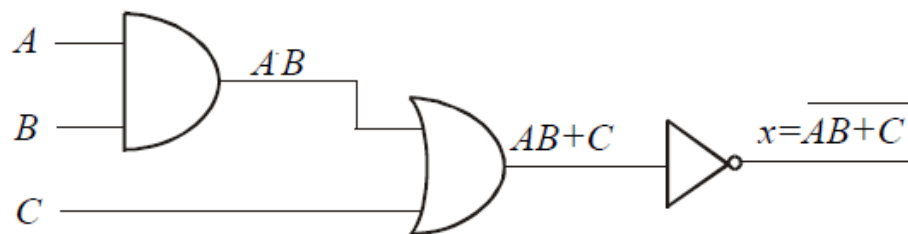
Funcție logică software.

Modificare funcție logică prin program (software/firmware)

Circuite digitale

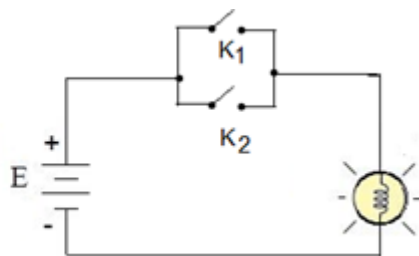
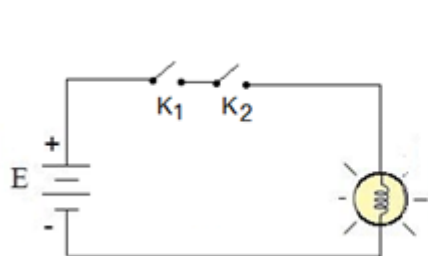
Exemplu de funcții logice – Circuite combinaționale

1. Să se analizeze funcția logică realizată de schema următoare. Să se construiască tabelul de adevăr.



C	B	A	x
0	0	0	1
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

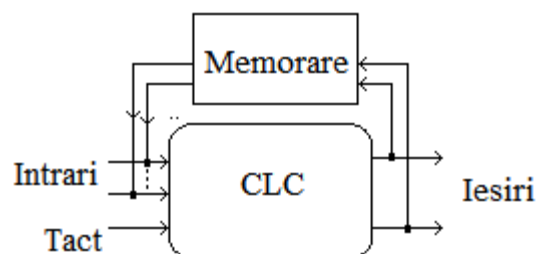
2. Când este aprins becul? Ce funcție logică realizează circuitele? (logică cablată)



Circuite digitale

Circuite logice secvențiale (CLS)

Sunt circuite la care ieșirea depinde de combinația aplicată pe intrări, dar și de starea anterioară (au memorie). Ieșirea lor se modifică numai la anumite momente de timp, sincron cu un semnal de tact sau ceas.



Cele mai simple circuite secvențiale sunt *circuitele basculante bistabile* (CBB). Au două stări stabile.

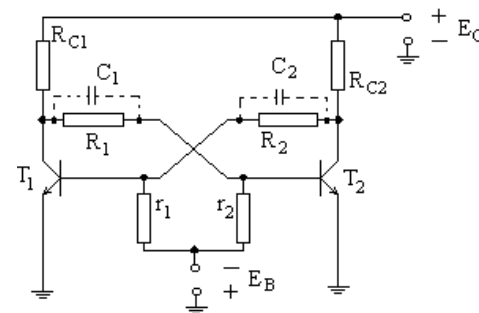
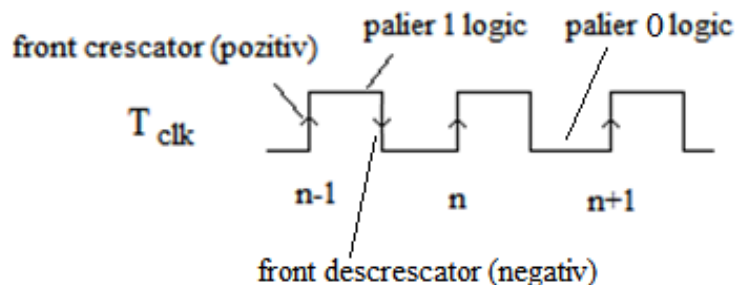
După stabilitatea stărilor ieșirii, putem avea:

CBB - circuite basculante bistabile - au două stări stabile => comutare la comandă

CBM - circuite basculante monostabile - au o stare stabilă și o stare instabilă => aplicații de temporizare/întârziere

CBA - circuite basculante astabile - nu au nicio stare stabilă – comută singure între sări => oscilatoare digitale

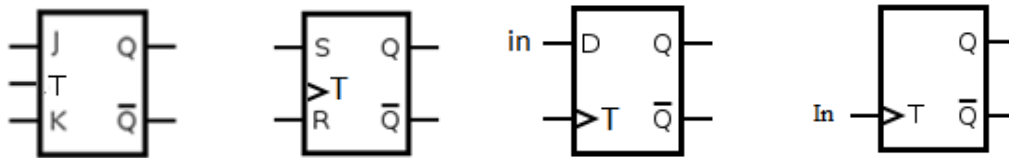
Circuitele secvențiale își pot modifica ieșirea sincron cu tactul, pe palier (0 logic sau 1 logic) sau pe front (tranziție) pozitiv sau negativ:



Circuite digitale secvențiale fundamentale

- **Bistabili** – circuite digitale cu 2 stări, ambele stabile – comută între stări la comandă:
 - Bistabili JK , Bistabili SR (Set - Reset), Bistabili D (Data) , Bistabili T (tact) – denumiți după tipul intrării/intrărilor.

Acești bistabili pot comuta pe *palier* sau pe *tranziție* (front) – sunt mult mai preciși ca moment de timp al comutării ieșirii => funcționare secvențială.



Cu bistabili D se fac **registri de date** - care pot fi de **memorare**, de **conversie format** sau de **deplasare**.

Cu bistabili T se fac circuite de divizare frecvență sau de **numărare** impulsuri. **Numărătoarele** sunt circuite secvențiale utilizate pentru contorizarea impulsurilor aplicate la intrarea acestora.

Clasificare numărătoare

- După codul de numărare: **numărătoare binare**, **numărătoare binar-zecimale**, **modulo n**;
- După numărul de biți (ieșiri): numărătoare pe 3 biți, pe 4 biți, pe 8 biți, pe 16 biți, etc.
- După cum comută ieșirile: **numărătoare sincrone** și **numărătoare asincrone**;
- După succesiunea stărilor: numărătoare cu **numărare înainte**, cu **numărare înapoi**, **reversibile**;
- numărătoare cu **încărcare paralelă** și **transport**.

Capacitatea numărătorului = numărul stărilor sale distincte (2^n , unde n este numărul de ieșiri binare).

Factorul de divizare = raportul dintre numărul de impulsuri de la intrare și numărul impulsurilor de la ieșire. Un numărător funcționează de fapt și ca un divizor de frecvență.

SISTEME DE NUMERAȚIE

Un număr natural $(N)_b = c_n c_{n-1} \dots c_1 c_0$ reprezentat în baza b , în formă desfășurată, are aspectul:

$$(N)_b = c_n \times b^n + c_{n-1} \times b^{n-1} + \dots + c_1 \times b^1 + c_0 \times b^0$$

Exemple de sisteme de numerație:

Baza	Simboluri utilizate (stări distincte)	
2	0 1	Binar
3	0 1 2	Ternar
8	0 1 2 3 4 5 6 7	Octal
10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Zecimal
16	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ 10 11 12 13 14 15	Hexazecimal

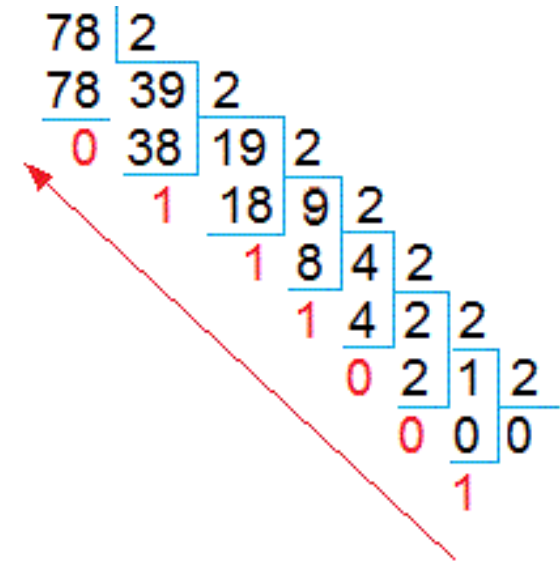
SISTEMELE BINAR/HEXAZECIMAL

Numărul de biți utilizați pentru exprimarea binară a unui număr depinde de valoarea maximă a numărului zecimal reprezentat.

Reprezentarea numerelor în bazele 2 (binar) și 16 (hexazecimal):

Zecimal	Binar				Hexazecimal
	2^3	2^2	2^1	2^0	
	8	4	2	1	
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	1	0	1	0	A
11	1	0	1	1	B
12	1	1	0	0	C
13	1	1	0	1	D
14	1	1	1	0	E
15	1	1	1	1	F

Exemplu de conversie din baza 10 în baza 2:



$$(78)_{10} = (1001110)_2$$

CONVERSIA ÎNTRE SISTEMELE DE NUMERAȚIE

Conversia din sistem binar în sistem zecimal se realizează pe baza sumei ponderate a puterilor lui 2. Ponderile reprezintă valorile biților ce compun numărul binar.

Exemplu de conversie a numărului 10101101 din baza 2 în baza 10:

$$\begin{array}{cccccccc}
 \text{MSB} & & & & & & & \text{LSB} \\
 \boxed{2^7} & 2^6 & 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & \boxed{2^0} \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1
 \end{array}
 = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$= 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^0 = 128 + 32 + 8 + 4 + 1 = (173)_{10}$$

MSB = most significant bit;
LSB = least significant bit;

Conversia între baza 2 și baze puteri ale lui 2 :

Exemplu de conversie a numărului 10101101 din baza 2 în baza 16:

Se grupează câte 4 de la dreapta la stânga și se înlocuiesc grupele cu cifrele corespunzătoare din tabelul anterior. Dacă ultima grupă nu are 4 biți, se completează la stânga cu 0 până se formează o grupă completă

$$\begin{array}{cccc|cccc}
 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1
 \end{array}
 = (1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0) + (1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0)$$

$$= (2^3 + 2^1) + (2^3 + 2^2 + 2^0) = (AD)_{16}$$

A D

Exemplu de conversie a numărului 1F din baza 16 în baza 2:

utilizând tabelul din
slide-ul anterior

$$1F \rightarrow \underbrace{1}_{0001} \underbrace{F}_{1111}$$

$$\text{Deci, } (1F)_{16} = (00011111)_2$$

CONVERSIA ÎNTRE SISTEMELE DE NUMERAȚIE

Generalizând regula prezentată anterior :

- conversia dintr-un sistem de numerație în altul se realizează pe baza sumei ponderate a puterilor bazei de numerație. Ponderile sunt valorile simbolurilor ce compun numărul convertit.

Exemplu de conversie a numărului 2DF din baza 16 în baza 10:

$$\begin{array}{ccc}
 16^2 & 16^1 & 16^0 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 (2 \ D \ F)_{16} & = 2 \times 16^2 + D \times 16^1 + F \times 16^0 & = 2 \times 256 + 13 \times 16 + 15 \times 1 = (735)_{10}
 \end{array}$$

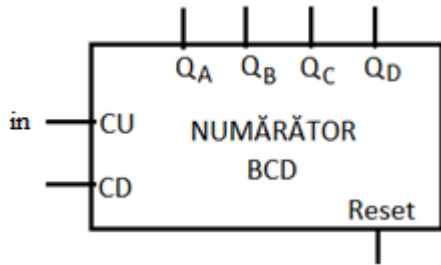
Exemplu de conversie a numărului 010110 din baza 2 în baza 8:

Se grupează câte 3 de la dreapta la stânga și se înlocuiesc grupele cu cifrele corespunzătoare din tabelul anterior. Dacă ultima grupă nu are 3 biți, se completează la stânga cu 0 până se formează o grupă completă.

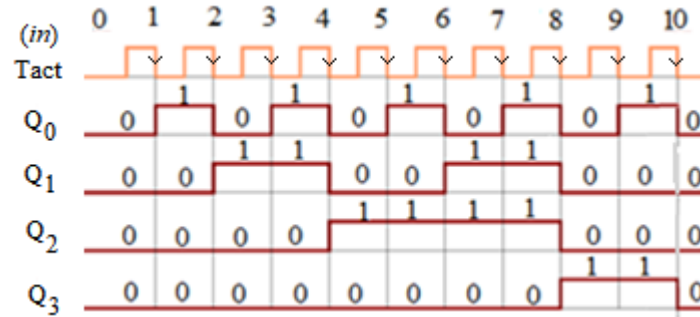
$$\begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 2^2 & 2^1 & 2^0 \\
 \hline
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 0 & 1 & 0 \\
 \hline
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 2^2 & 2^1 & 2^0 \\
 \hline
 \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 1 & 1 & 0 \\
 \hline
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 = (0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0) + (1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0) \\
 = (2^1) + (2^2 + 2^1) = (26)_8
 \end{array}$$

Numărătoare BCD (Binary Coded Decimally) - Numărătoare binare în baza zece (cu 10 stări)

La al 10-lea impuls aplicat la intrare se resetează



Simbol numărator reversibil
BCD



Forme de undă - variație în timp la numărarea înainte

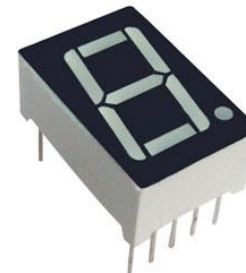
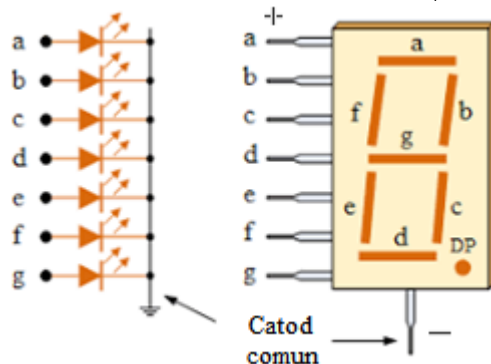
Zecimal	Binar				Hexazecimal	
	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰		
0	0	0	0	0	0	} BCD Binary Coded Decimally
1	0	0	0	1	1	
2	0	0	1	0	2	
3	0	0	1	1	3	
4	0	1	0	0	4	
5	0	1	0	1	5	
6	0	1	1	0	6	
7	0	1	1	1	7	
8	1	0	0	0	8	
9	1	0	0	1	9	

Reprezentare sub formă de tabel de stări

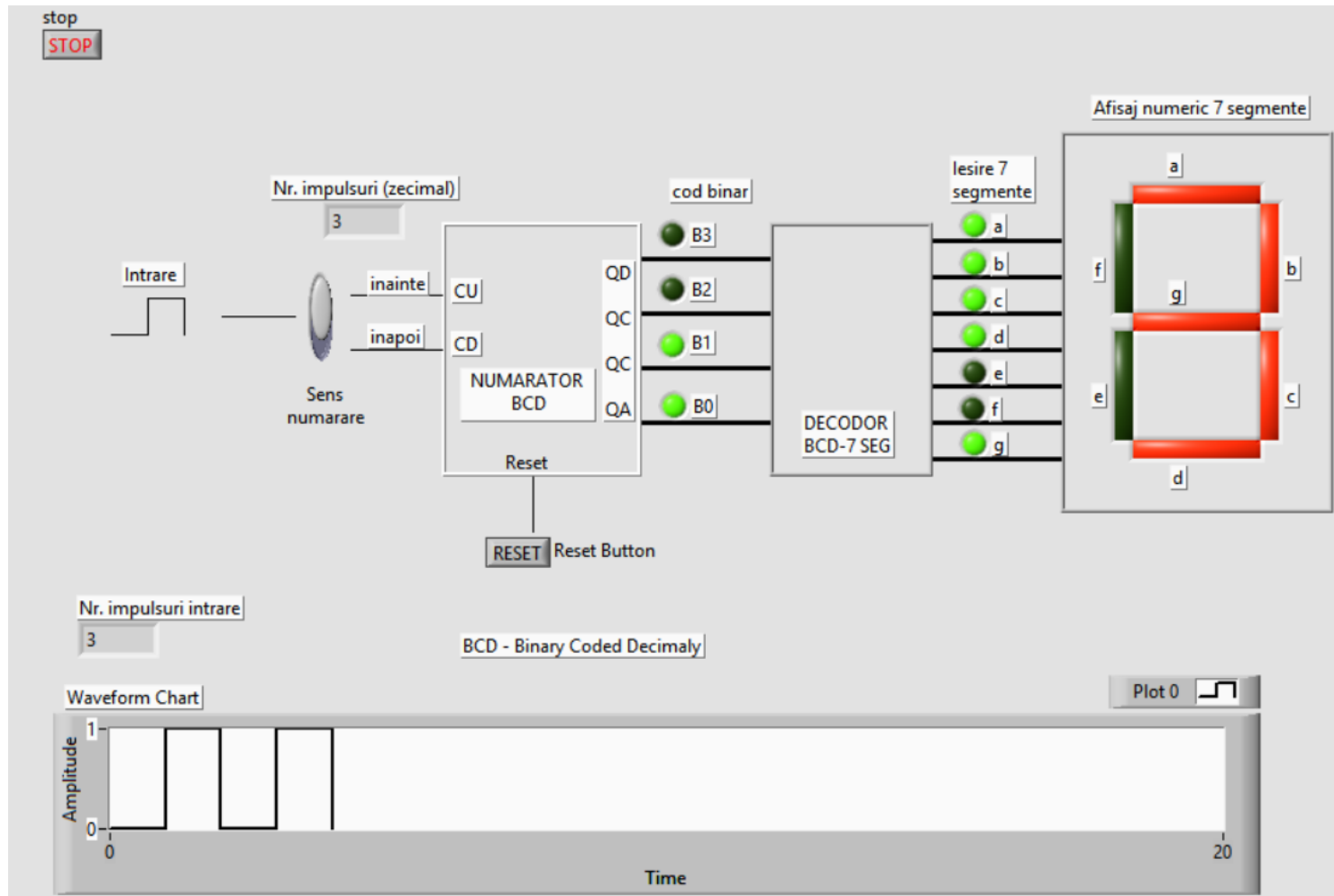
Afișoare digitale BCD 7 segmente - Afișează valori numerice în baza 10

Numărătoarele BCD sunt utilizate pentru numărarea în baza 10, baza naturală pentru utilizatorul uman, de aceea ele sunt prezente în dispozitivele de afișare din cadrul aparatelor de măsurare numerice (digitale).

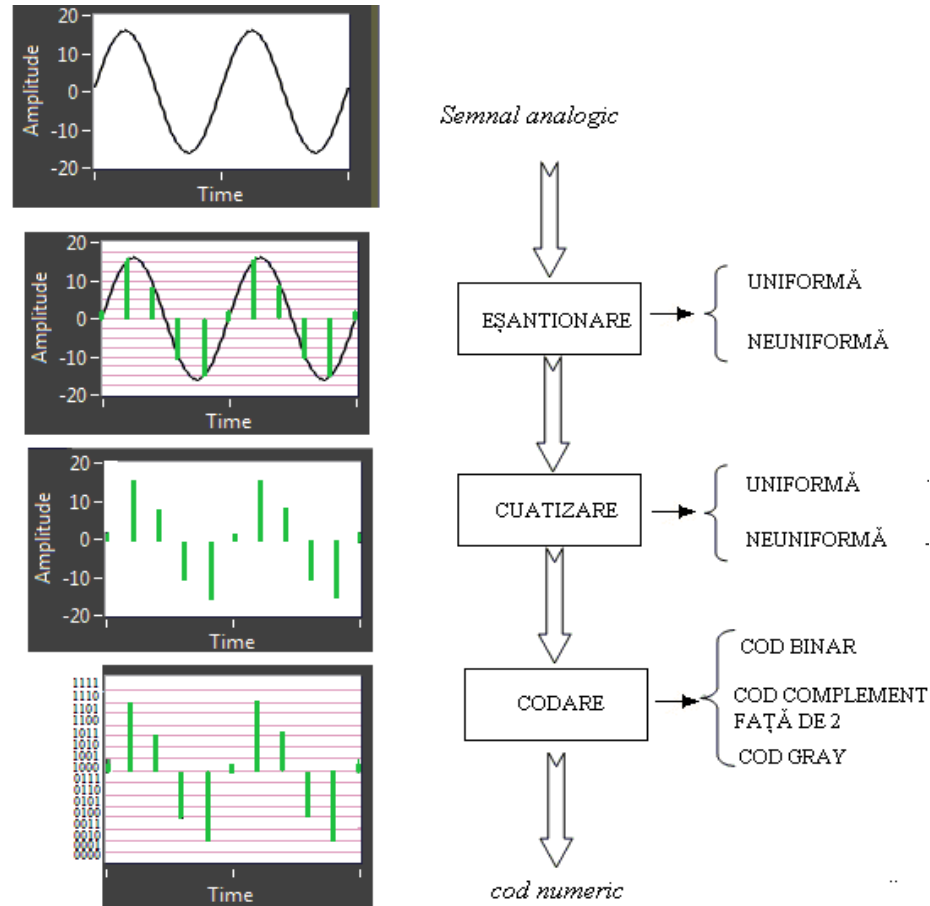
Pentru a fi cită ușor combinația binară de un utilizator uman, combinația binară pe 4 biți este convertită de un decodor BCD-7 segmente, iar apoi această combinație binară pe 7 biți este afișată de un display 7 segmente. O cifră numerică de afișare se mai numește și digit.



Numărarea și afișarea impulsurilor pe afișaj numeric cu 7 segmente – animație



Circuite pentru interfațarea dintre domeniul analogic și cel digital

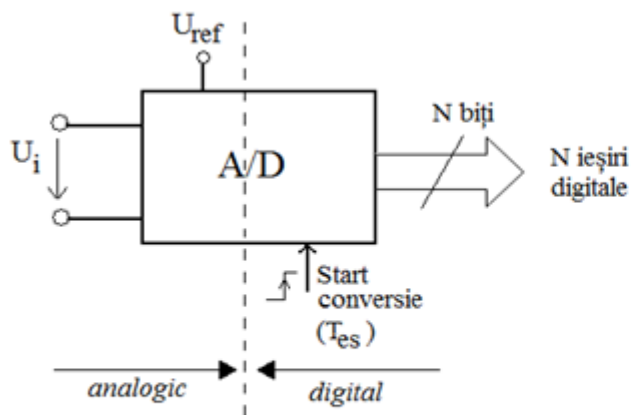


Etapele conversiei analog-numeric.

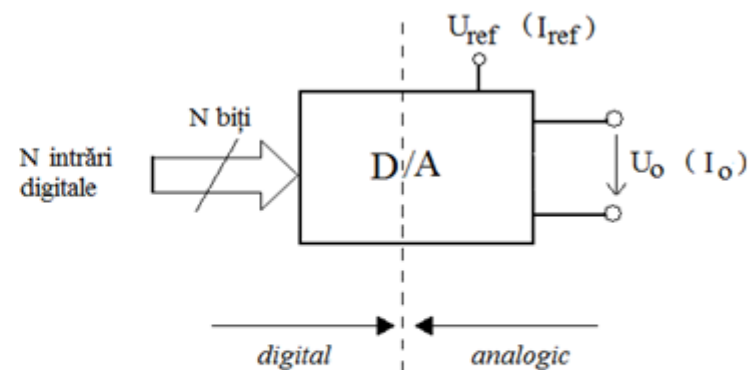
Convertoare analog-numeric (CAN)

Conversia eșantioanelor prelevate din semnalele analogice (care au o infinitate de valori într-un domeniu de variație dat) în coduri numerice corespunzătoare se realizează de către circuite electronice numite *convertoare analog numerice (CAN)* sau *convertoare analog digitale (CAD)* sau *convertoare A/N* sau *convertoare A/D*. În limba engleză, aceste circuite se numesc circuite *ADC (Analog-to-Digital Converter)*.

Pentru generarea semnalelor analogice în instrumentația virtuală, codurile numerice corespunzătoare eșantioanelor semnalului trebuie transformate în valori de tensiune sau curent corespunzătoare, cu mărimea proporțională cu mărimea codului numeric. Această corespondență (conversie sau transformare) este realizată de circuite electronice denumite *convertoare numeric-analogice (CNA)* sau *convertoare digital-analogice (CDA)* sau *convertoare N/A* sau *convertoare D/A*. În limba engleză, aceste circuite se numesc circuite *DAC (Digital-to-Analog Converter)*.



a) Convertor analog-numeric



b) Convertor numeric-analogic

Parametrii principali ai convertoarelor analog-digitale sunt următorii:

- **rezoluția (n)** – reprezintă numărul de biți pe care se face reprezentarea conversiei. Rezoluția mai poate fi interpretată și ca numărul de intervale în care este împărțit domeniul de intrare (2^n intervale), sau ca valoarea unui LSB (Low Significant Bit – bitul cel mai puțin semnificativ).
- **1LSB** – reprezintă nivelul minim al tensiunii de la intrare care produce modificarea bitului cel mai puțin semnificativ la ieșire:

$$1LSB = \frac{U_{i \max} - U_{i \min}}{2^n}$$

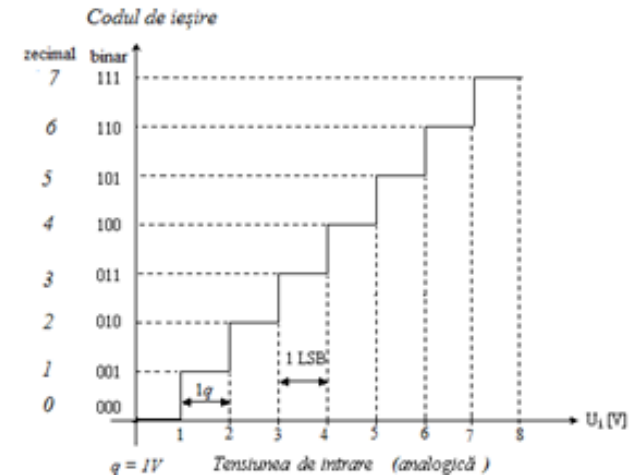
Pentru domeniu unipolar, $U_{i \min} = 0$ \Rightarrow cuanta: $\delta = \frac{U_{i \max}}{2^n}$

$$N = \frac{2^n}{U_r} \cdot u_i$$

$$K = 2^n$$

$$N = \frac{K}{U_r} \cdot u_i$$

unde U_r este tensiunea de referință (ea stabilește valoarea maximă a tensiunii la intrare), iar K este o constantă ce depinde de numărul maxim posibil reprezentat la ieșirea convertorului (2^n).



Convertoare numeric-analogice (CNA)

Convertoarele numeric-analogice CNA (sau DAC – Digital-to-Analog Convertor) primesc la intrare semnal numeric exprimat printr-o secvență de variabile binare și generează la ieșire un semnal analogic în funcție de valoarea numerică a semnalului de intrare și în concordanță cu codul utilizat. Ele realizează funcția inversă a CAN.

Exemplu: Conversia analog numerică cu un convertor ADC cu parametrii:

- rezoluția $n = 10\text{biți}$ \Rightarrow avem un nr de 1024 coduri binare reprezentate pe 10 biți \Rightarrow 1024 valori distincte ale tensiunii de la intrare.
- $U_{ref} = 5\text{ Volți}$ \Rightarrow $U_{imax} = 5\text{V}$ \Rightarrow domeniul de variație a tensiunii la intrare unipolar între $[0, 5\text{V}]$

<i>U_i</i>	<i>Cod binar</i>	<i>Număr zecimal</i>
$U_{i\ min} = 0\text{V}$	0000000000	0
$U_{i\ max} = 5\text{V}$	1111111111	1023 (2^{10})
U_{ix}	xxxxxxxxxx	N_x

$$\Rightarrow N_x = \frac{U_{ix} \cdot 2^{10}}{U_{imax}} = \frac{1023}{U_{imax}} \cdot U_{ix} \Rightarrow N_x = k_1 \cdot U_{ix}$$

și

$$\Rightarrow U_{ix} = \frac{N_x \cdot U_{imax}}{2^{10}} = \frac{U_{imax}}{1023} \cdot N_x \Rightarrow U_{ix} = k_2 \cdot N_x$$