

Cerințe parțial 1

Dispozitive electronice

Teorie:

1. Dioda semiconductoare: definiție, simbol, tipuri de polarizare (scheme)
2. Polarizarea diodei: scurtă descriere la polarizare inversă și directă
3. Caracteristica tensiune-curent a diodei: grafic, scurtă descriere a graficului
4. Influența temperaturii asupra caracteristicii diodei
5. Modelarea diodei
6. Alimentatorul de c.c. liniar: rol, schema bloc, scurtă descriere a blocurilor
7. Redresorul monoalternanță
8. Redresorul dublă alternanță în punte
9. Dioda zener: simbol, caracteristica tensiune-curent
10. Stabilizatorul parametric cu diodă zener: stabilizarea la variația tensiunii de intrare și a sarcinii
11. Tranzistor bipolar (TB): de ce bipolar? structură, tipuri de TB, simboluri
12. TB: principiul de funcționare
13. TB: curenții prin tranzistor
14. TB: caracteristicile statice
15. TB: valori limită maxime, comparație între β_{DC} și β_{ac}
16. TB: dependența lui de temperatură și curentul de colector
17. TB: circuite de polarizare (cu rezistență în bază, cu rezistență colector-bază, cu divizor rezistiv în bază)
18. TB - tipuri de conexiuni: emitor-comun, bază-comună, colector-comun
19. TB: Circuitul echivalent pi-hibrid
20. Amplificator de semnal mic: schemă tipică, forme de undă, rolul elementelor

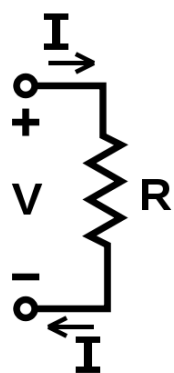
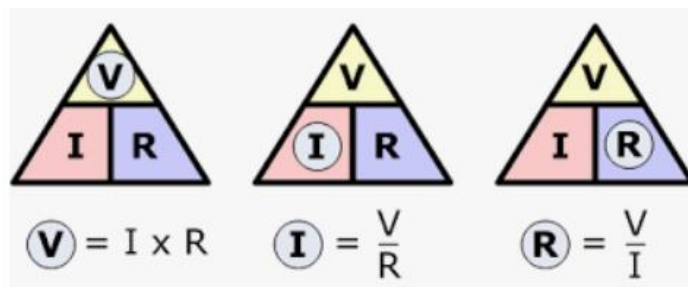
Probleme:

1. cu diode
2. cu TB

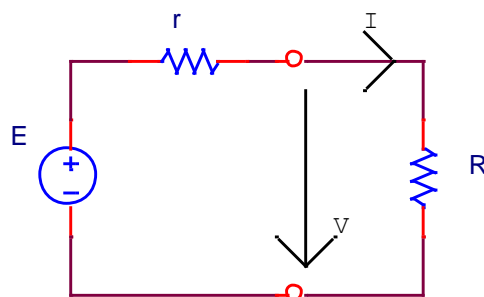
Multipli și submultipli

Multipli	:10 ³	:10 ³	:10 ³	:10 ³
	UM → k	k → M	M → G	G → T
	1=0,001k	1k=0,001M	1M=0,001G	1G=0,001T
Submultipli	×10 ³	×10 ³	×10 ³	×10 ³
	UM → m	m → μ	μ → n	n → p
	1=1000m	1m=1000μ	1μ=1000n	1n=1000p

Legea lui Ohm



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

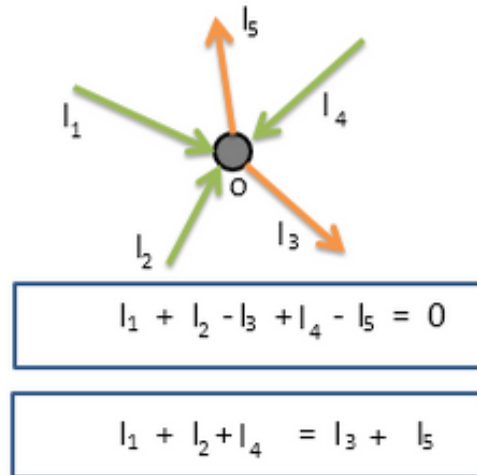


$$I = \frac{E}{r + R}$$

Teoremele lui Kirchhoff

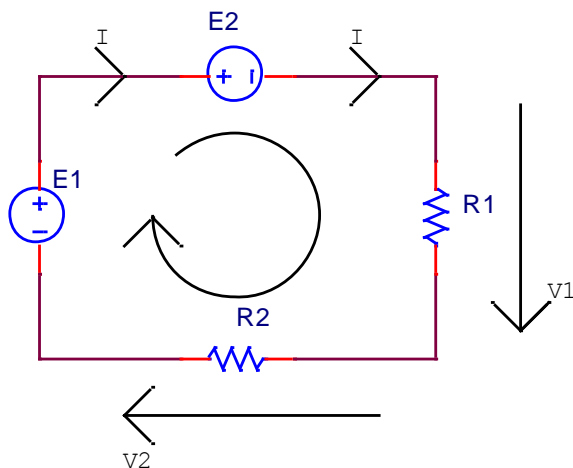
Prima lege a lui Kirchhoff sau legea curenților – T I K

- Prima lege a lui Kirchhoff este o expresie a conservării sarcinii electrice într-un nod al unei rețele electrice.
- Suma curenților care intră într-un nod este egală cu suma curenților care ies din nod.



A doua lege a lui Kirchhoff sau legea tensiunilor – T II K

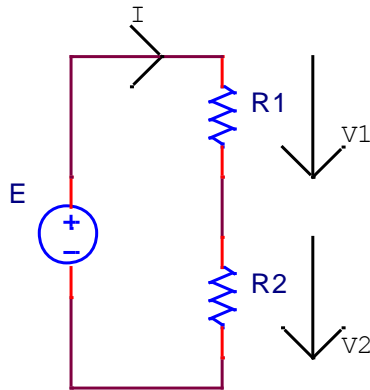
- De-a lungul conturului unui ochi de rețea, suma algebrică a tensiunilor electromotoare ale surselor este egală cu suma algebrică a produselor dintre intensitatea curenților și rezistența totală de pe fiecare latură.



$$E_1 - E_2 = IR_1 + IR_2 = V_1 + V_2$$

Regula divizorului de tensiune

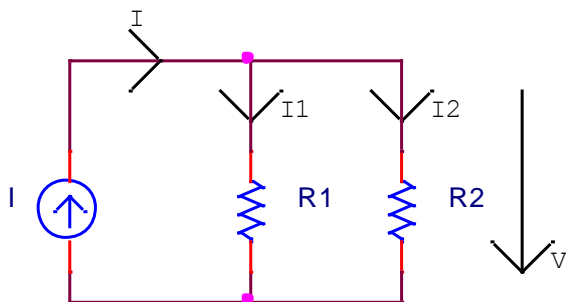
RDT



$$\begin{aligned} V_1 &= IR_1 \\ V_2 &= IR_2 \\ I &= \frac{E}{R_1 + R_2} \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} E \\ V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \end{cases}$$

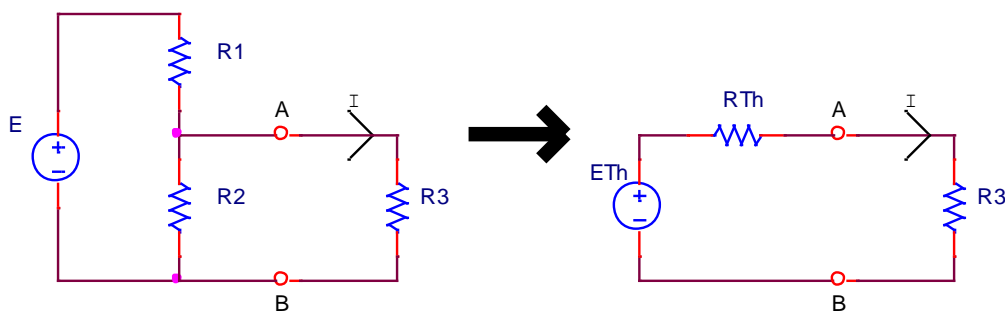
Regula divizorului de curent

RDC



$$\begin{aligned} TIK : I &= I_1 + I_2 \\ V &= I_1 R_1 = I_2 R_2 \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{cases}$$

Teorema lui Thévenin



$$E_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

$$R_{Th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

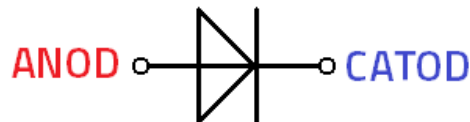
$$I = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_3}$$

Joncțiunea pn

Joncțiunea pn este un monocristal semiconductor în care, prin procedee tehnologice speciale (difuzie, implantare ionică), o regiune este dopată cu impurități acceptoare, alcătuind zona de tip p, iar cealaltă regiune este dopată cu impurități donoare, formând zona de tip n.

1. Dioda semiconductoră: definiție, simbol, tipuri de polarizare (scheme)

- Diodele semiconductoră sunt dispozitive electronice formate dintr-o joncțiune **pn** și două contacte neredresoare metal-semiconductor, închise ermetic într-o capsulă metalică, din sticlă sau din material plastic.
- Cei doi electrozi (terminale, pini) ai diodei se numesc **anod** și **catod**.
- Anodul contactează regiunea de tip p iar catodul pe cea de tip n.



Polarizarea diodei

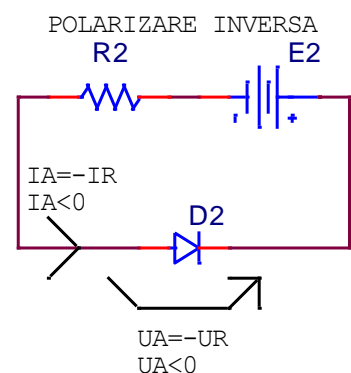
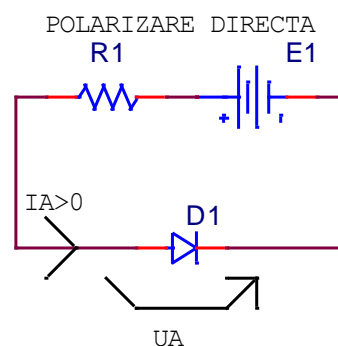
- În general, termenul **polarizare** se referă la utilizarea unei tensiuni de curent continuu pentru a stabili anumite condiții de funcționare pentru un dispozitiv electronic.
- În cazul diodei se deosebesc 2 condiții (tipuri) de polarizare:
 1. POLARIZARE DIRECTĂ
 2. POLARIZARE INVERSA

I_A = curent anodic

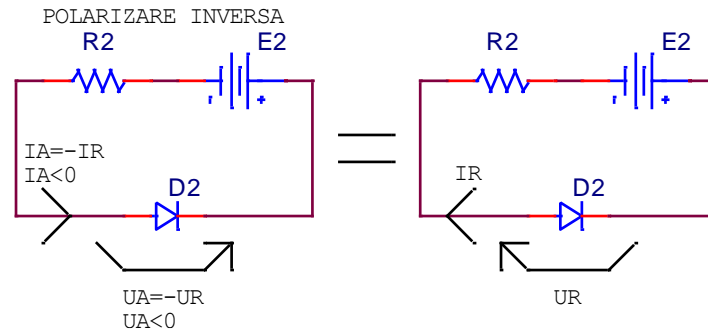
U_A = tensiune anodică (căderea de tensiune anod-catod)

I_R = curent invers (**R**everse)

U_R = tensiune inversă pe diodă



În cazul polarizării inverse, sensurile pozitive (convenționale) de tensiune și curent sunt reprezentate pe figură și sunt „impuse” de sursa de c.c. E2:

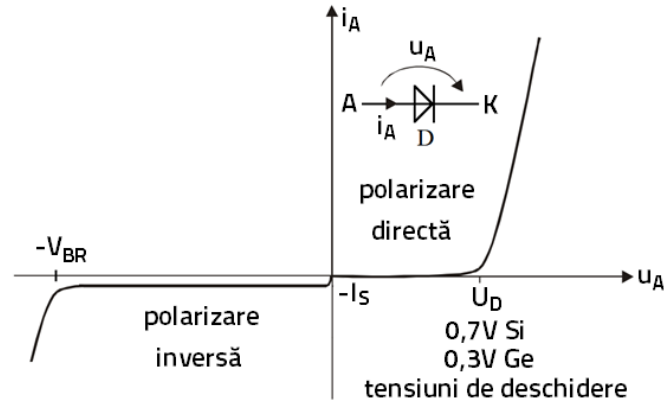


2. Polarizarea diodei: scurtă descriere la polarizare inversă și directă

- La polarizare directă, lățimea regiunii de sarcină spațială scade, prin joncțiune trec ușor purtătorii de sarcină majoritari și curentul prin circuit poate atinge valori importante
- La polarizare inversă, lățimea regiunii de sarcină spațială crește și prin joncțiune nu pot trece decât purtătorii de sarcină minoritari. Aceștia fiind în număr mic și valoarea curentului este foarte mică (de ordinul μA sau chiar nA).
- În mod normal, la polarizare inversă curentul este atât de mic (mai ales în comparație cu cel de la polarizare directă) încât se poate neglija.
- Totuși, dacă valoarea tensiunii de polarizare inversă crește foarte mult, apare fenomenul de multiplicare prin avalanșă a purtătorilor de sarcină, curentul crește foarte mult și dioda se distruge prin ambalare termică.
- Tensiunea inversă la care se produce acest fenomen se numește tensiune de străpungere, V_{BR} (*breakdown voltage*).
- Străpungerea, cu unele excepții, nu este un mod normal de lucru pentru diode sau alte dispozitive bazate pe joncțiunea pn. Este distructivă cu excepție la **dioda zener**

3. Caracteristica tensiune-curent a diodei: grafic, scurtă descriere a graficului

Caracteristica U-I (tensiune-curent) reprezintă dependența dintre valorile de c.c. ale curentului anodic, i_A (luat pe ordonată) și ale tensiunii anodice, u_A (luată pe abscisă)



- În polarizare inversă dioda este blocată.
- Se poate observa însă existența unui curent invers care este datorat purtătorilor minoritari (golurile din zona n și electronii din zona p) care pot traversa joncțiunea.
- Dar, densitatea lor fiind foarte mică, intensitatea acestui curent, numit **curent invers de saturație** (I_S) este practic neglijabilă.
- În polarizare directă, atâta timp cât bariera de potențial există, curentul este practic nul.
- Când aceasta dispare, la $u_A = U_D$, dioda va permite trecerea unui curent a cărui intensitate crește foarte rapid pentru variații mici ale tensiunii aplicate diodei.
- Valoarea intensității maxime a curentului direct poate fi de la câțiva mA până la sute sau mii de A, în funcție de tipul de diodă.
- Tensiunea la care dioda începe să conducă se numește tensiune de deschidere, U_D .
- După ce dioda intră în stare de conducție căderea de tensiune pe ea crește foarte puțin ($0,1 - 0,15V$).
- Această creștere a căderii de tensiune pe diodă se datorează rezistenței dinamice (sau de c.a.) a diodei, r_d .

- Dependența matematică dintre i_A și u_A este dată de relația:

Unde:

$$i_A = I_S \left[\exp\left(\frac{e \cdot u_A}{kT}\right) - 1 \right]$$

- I_S este curentul invers de saturație a diodei;
- e – sarcina electronului ($1,6 \times 10^{-19} \text{C}$);
- k – constanta lui Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$);
- T – temperatura joncțiunii (K).

Observații

- Se notează $kT/e = U_T$ și se numește tensiune termică.
- La temperatura camerei ($300\text{K} = 27^\circ\text{C}$) $U_T = 0,026\text{V}$.
- Cu această notație, ecuația de dispozitiv a diodei se scrie: $i_A = I_S \left[\exp\left(\frac{u_A}{U_T}\right) - 1 \right]$
- Dacă se ține seama de factorul de idealitate al diodei, notată cu n , relația curentului

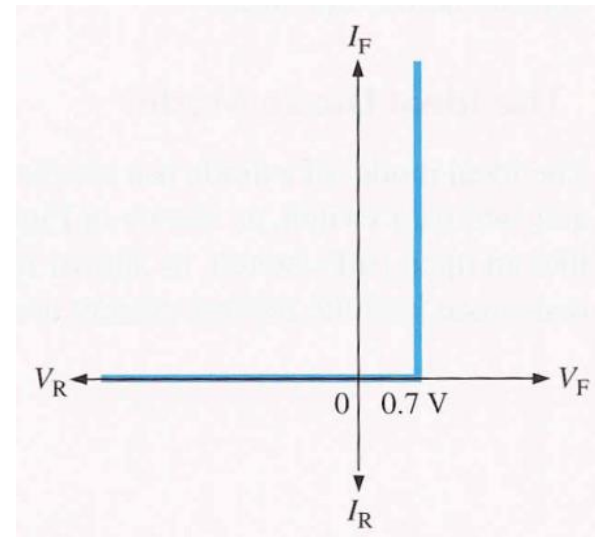
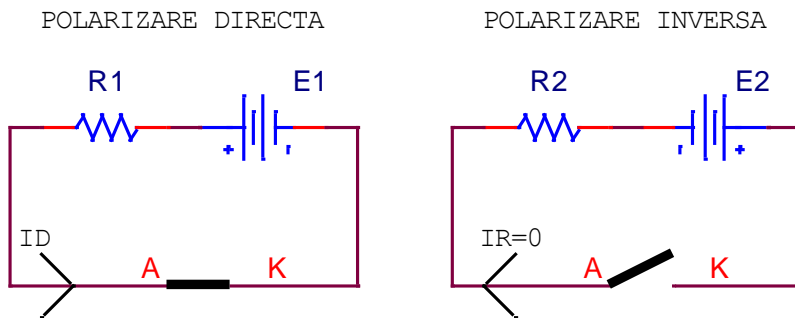
anodic este:

$$i_A = I_S \left[\exp\left(\frac{u_A}{n \cdot U_T}\right) - 1 \right]$$

- Parametrul factor de idealitate sau coeficient de emisie, depinde de locul din structura diodei unde are loc o anumită fază a mecanismului intern de transport al curentului.
- Factorul de idealitate n are valoarea 1 pentru diodele cu germaniu, în timp ce pentru diodele cu siliciu are o valoare apropiată de 2, care poate diferi însă după mărimea curentului prin diodă.

5. Modelare diodei

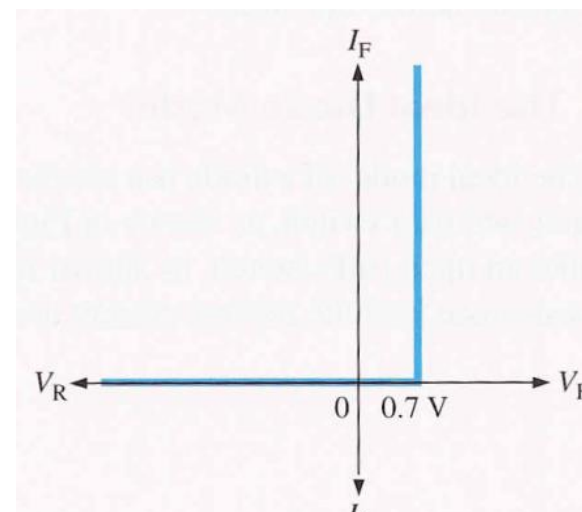
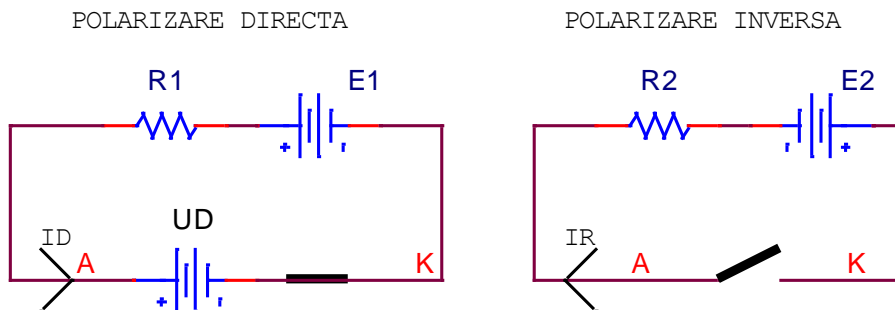
Modelul ideal este un simplu comutator:



- Matematic, modelul ideal se descrie astfel:

$$\begin{cases} u_A \geq 0 \Rightarrow i_A \rightarrow \infty \\ u_A < 0 \Rightarrow i_A = 0 \end{cases}$$

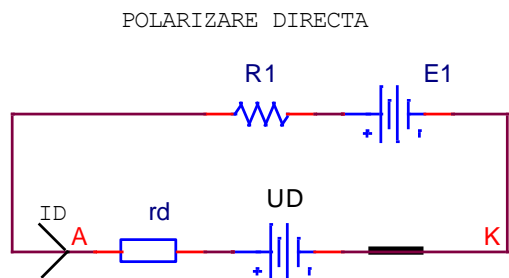
Modelul practic 1 ține seama de tensiunea de deschidere a diodei, $U_D (=0,7V)$



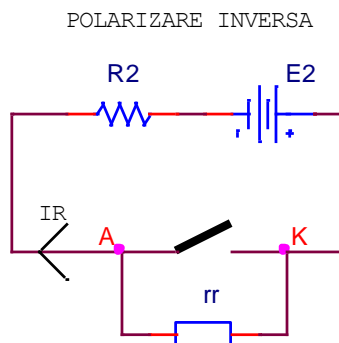
- Matematic, modelul practic se descrie astfel:

$$\begin{cases} u_A \geq 0,7V \Rightarrow i_A \rightarrow \infty \\ u_A < 0,7V \Rightarrow i_A = 0 \end{cases}$$

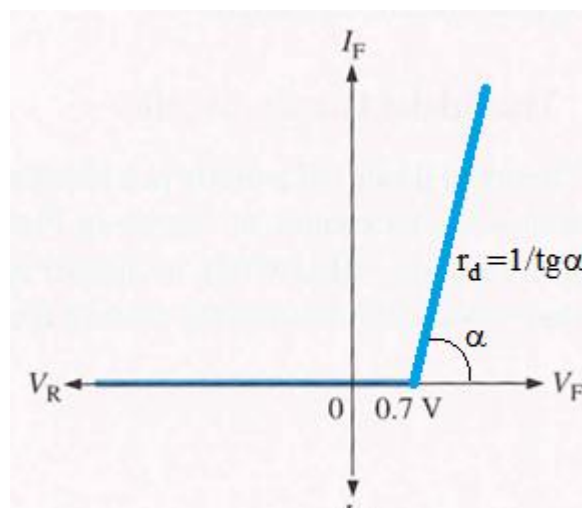
Modelul practic 2 ține seama de tensiunea de deschidere a diodei, U_D și de rezistențele dinamice ale diodei – în conducție, r_d , respectiv în blocare, r_r .



$$I_D = \frac{E_1 - U_D}{R_1 + r_d}$$



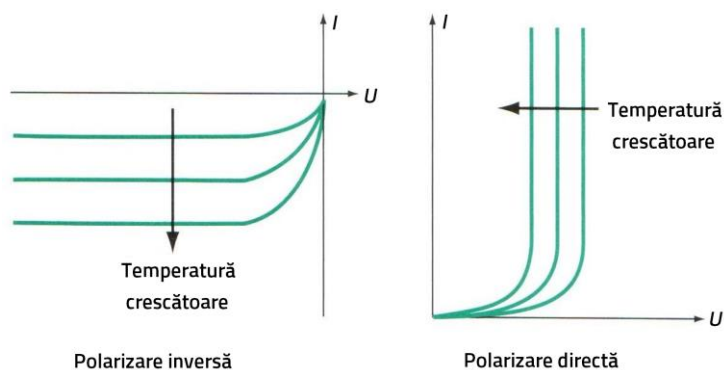
$$I_R = \frac{E_2}{R_2 + r_r}$$



- r_d are valori foarte mici de ordinul ohmi sau mai puțin
- r_r are valori de ordinul $M\Omega$ sau chiar $G\Omega$.

4. Influența temperaturii

- Temperatura diodelor se modifică atât ca urmare a variației temperaturii mediului cât și ca urmare a pierderilor prin efect Joule datorită puterii disipate.
- La o joncțiune pn din siliciu:
 - la o creștere a temperaturii cu 10°C , curentul invers de saturație crește de 4,46 ori;
 - la o creștere a temperaturii cu 10°C , tensiunea de polarizare directă



6. Alimentatorul de c.c. liniar: rol, schema bloc, descriere a blocurilor

Alimentatoare de c.c. pot fi:

- liniare
- în comutație
-

Schema bloc a unui alimentator de c.c. liniar



Unde: T = transformator

R = redresor

F = filtru

S = stabilizator

Transformatorul îndeplinește două roluri:

1. separă galvanic circuitul electronic de rețeaua de alimentare în c.a.;
2. modifică tensiunea rețelei la valoarea necesară pentru a obține o anumită tensiune continuă (după R, F și S).

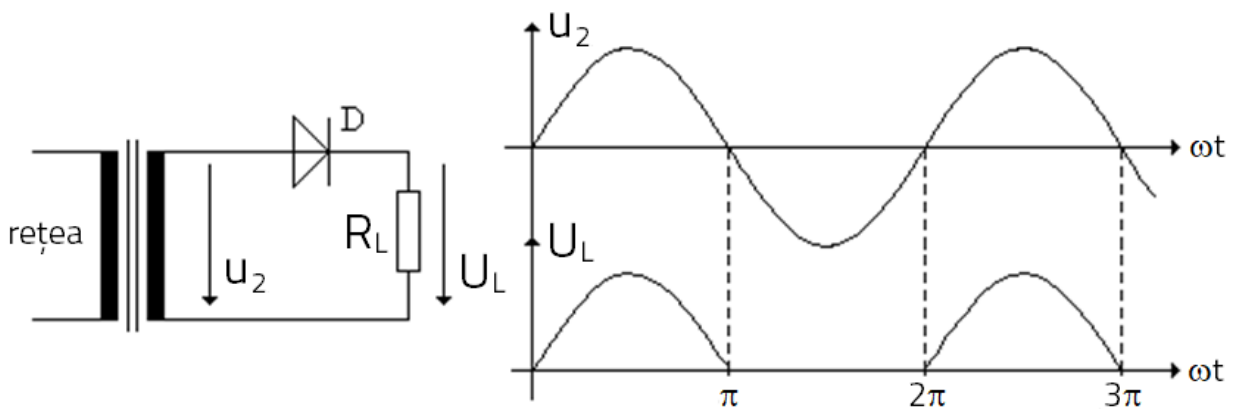
Redresorul conține cel puțin un element cu conducție unilaterală și transformă tensiunea alternativă într-o formă de undă cu componentă continuă diferită de zero. Pe lângă componenta continuă, la ieșirea redresorului se obține și o componentă variabilă numită *ondulație*

Filtrul are rolul de a atenua ondulațiile tensiunii redresate. Tensiunea de la ieșirea filtrului, numită tensiune nestabilizată, este *dependentă* de tensiunea rețelei, de sarcină și de temperatură.

Stabilizatorul are rolul de a face ca tensiunea de la ieșirea sa să fie *independentă* de tensiunea de tensiunea rețelei, de sarcină și de temperatură.

7. Redresorul monoalternanță

- Schemele monoalternanță se caracterizează prin faptul că în decursul unei perioade a tensiunii de alimentare fiecare fază secundară conduce curent o singură dată și într-un singur sens.
- La aceste scheme este în conducție acea ramură secundară (diodă) a cărei tensiune instantanee are valoarea pozitivă cea mai mare în momentul analizei.
- După numărul de faze secundare redresate se deosebesc:
 - redresoare monofazate;
 - redresoare bifazate;
 - redresoare trifazate.
- **Redresorul monofazat monoalternanță**

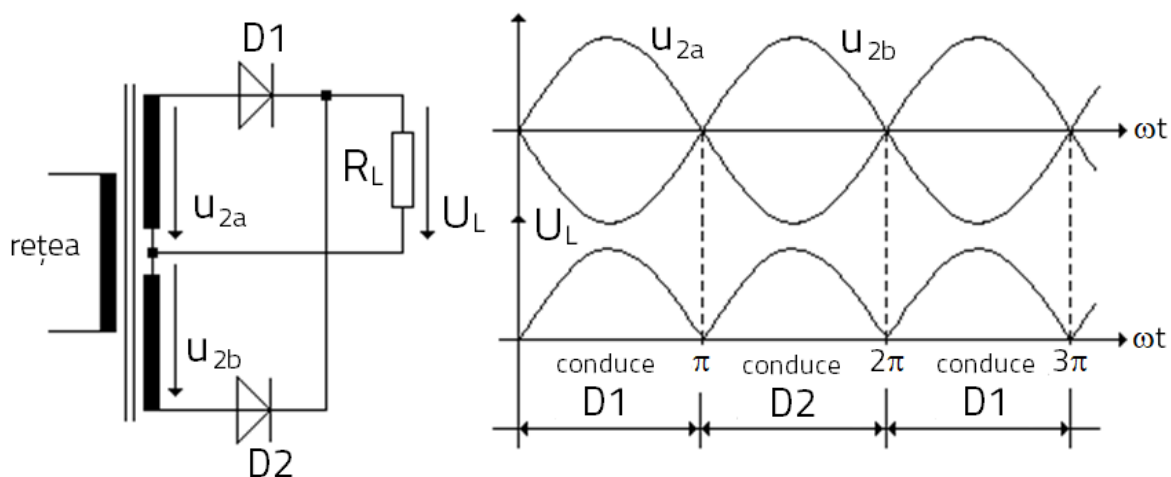


- Valoarea medie a tensiunii redresate

$$U_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T u_2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_2 \sqrt{2} \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0,45 U_2$$

- Randamentul circuitului redresor monofazat monoalternanță este egal cu 40%. Valoarea randamentului fiind mică circuitul este rar utilizat la puteri mari.

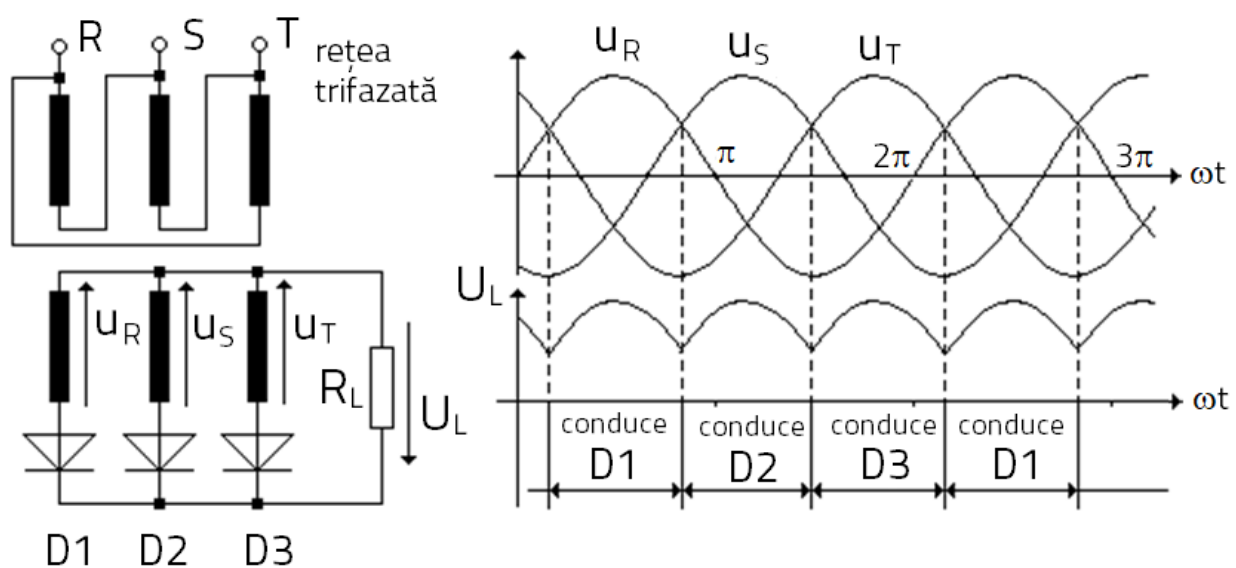
Redresorul bifazat monoalternanță



- Randamentul redresorului bifazat este 80%.

Redresorul trifazat monoalternanță

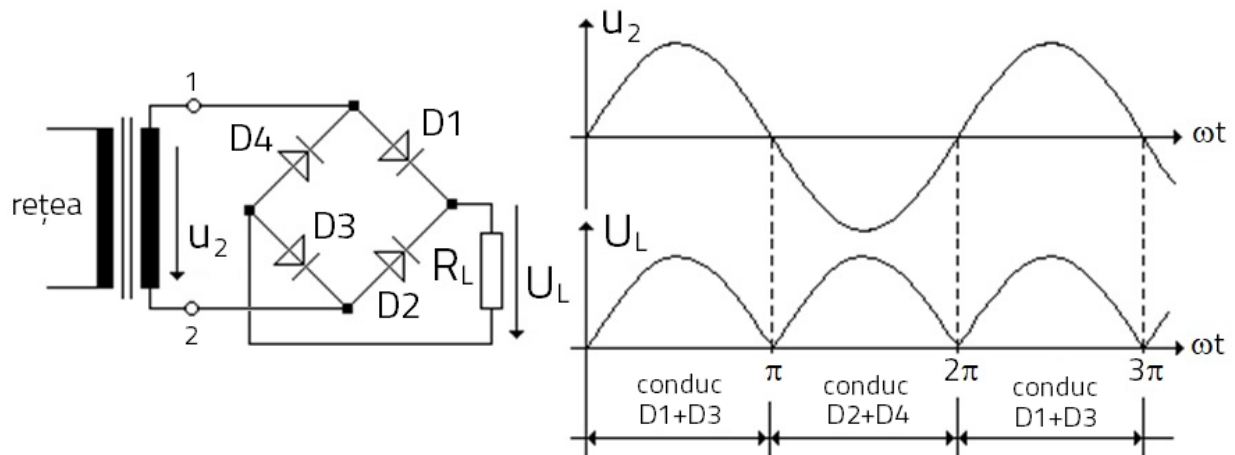
- În cazul semnalului trifazat, tensiunea u_S este defazată cu 120° în urma tensiunii u_R , iar u_T cu 120° în urma tensiunii u_S .



8. Redresor dublă alternanță în punte

- Schemele de redresoare în punte se caracterizează prin faptul că în decursul unei perioade a tensiunii de alimentare, fiecare fază din secundar conduce curent de două ori (în ambele sensuri), motiv pentru care se mai numesc și circuite de redresare dublă alternanță sau bialternanță.

Redresorul monofazat dublă alternanță numit și **redresor monofazat în punte**



Funcționare

- În timpul alternanței pozitive a tensiunii rețelei, diodele D_1 și D_3 sunt polarizate direct și conduc iar D_2 și D_4 sunt blocate (fiind polarizate invers). Curentul electric circulă pe traseul: borna 1 a transformatorului, D_1 , R_L , D_3 și se întoarce în transformator la borna 2.
- În timpul alternanței negative a tensiunii rețelei, diodele D_2 și D_4 sunt polarizate direct și conduc iar D_1 și D_3 sunt blocate. Curentul electric circulă pe traseul: borna 2 a transformatorului, D_2 , R_L , D_4 și se întoarce în transformator la borna 1.
- Se observă că la redresorul monofazat în punte conduc simultan două diode și că atât pentru alternanța pozitivă a tensiunii rețelei cât și pentru cea negativă, curentul electric prin rezistența de sarcină R_L are același sens.

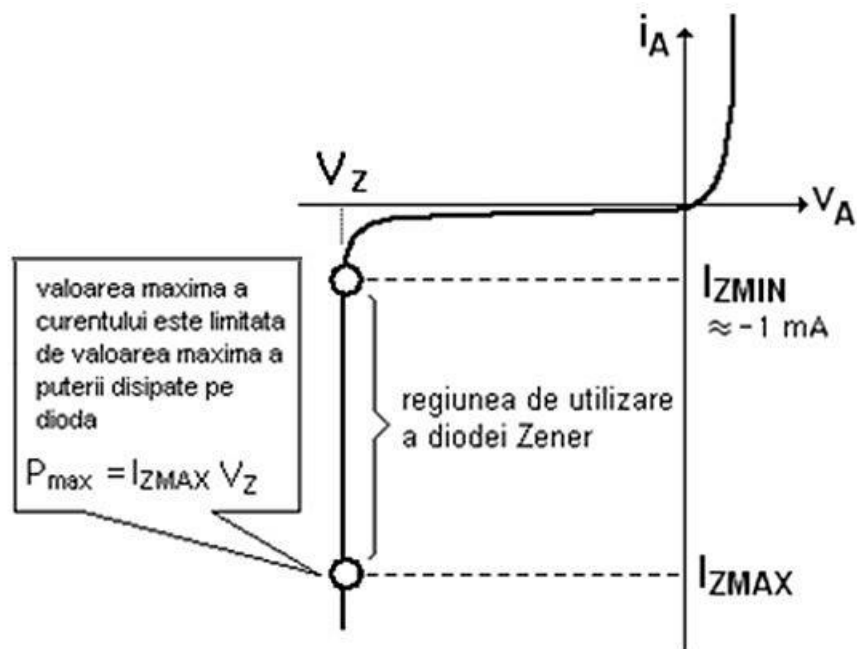
9. Dioda ZENER: simbol, caracteristica tensiune-curent

Este o diodă construită pentru a fi utilizată în zona de străpungere inversă care este o străpungere nedistructivă.

Simbolul diodei Zener:



Caracteristica tensiune-curent:



În polarizare directă, caracteristica tensiune-curent este asemănătoare cu cea a diodelor redresoare.

În polarizare inversă dioda se străpunge. Există 2 tipuri de fenomene de străpungere:

- străpungere Zener (la |tensiuni inverse| < 5,6V) și
- străpungere prin multiplicare în avalanșă (la |tensiuni inverse| > 5,6V).

În cazul diodei zener ambele tipuri de străpungere sunt nedistructive, asta însemnând că dioda nu se distruge și poate reveni din această stare.

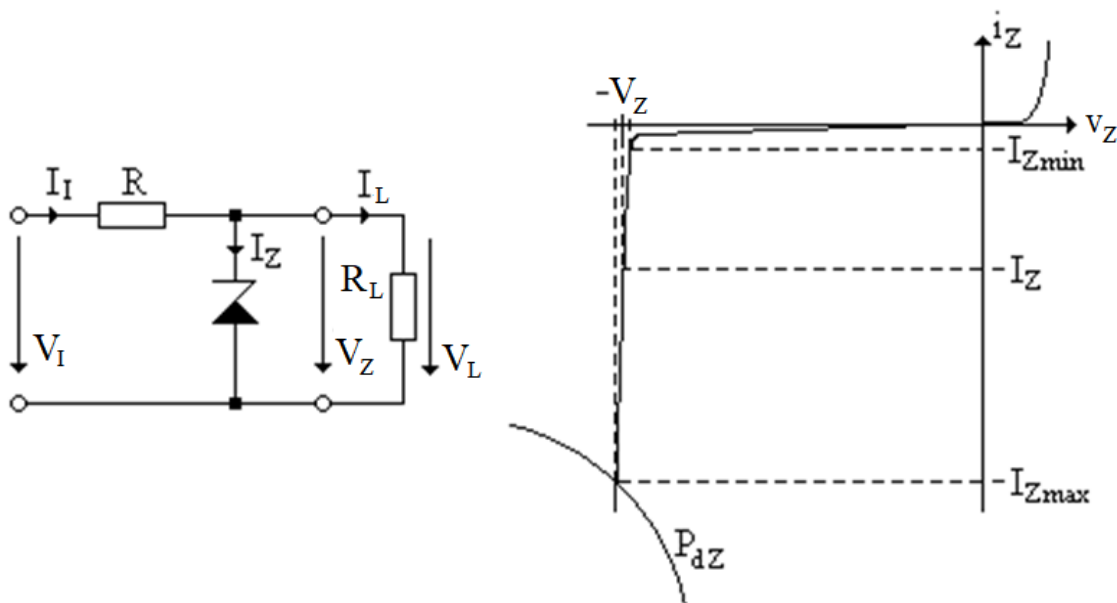
Proprietatea de a menține constantă tensiunea pe o plajă mare de curenți face ca dioda să fie utilizată îndeosebi în circuitele stabilizatoare de tensiune

10. Stabilizatorul parametric cu diodă zener: stabilizarea la variația tensiunii de intrare și a sarcinii

Stabilizatorul parametric are structura cea mai simplă și își bazează funcționarea pe neliniaritatea caracteristicii tensiune-curent a diodei Zener cu care este realizată.

Stabilizatorul parametric cu diodă Zener

Schema și caracteristica tensiune-curent



Stabilizatorul parametric cu diodă Zener

- Funcționarea schemei se bazează pe caracteristica neliniară a diodei stabilizatoare, care admite variații relativ mari de curent la variații mici ale tensiunii pe diodă.
- Plaja de stabilizare este cuprinsă între I_{Zmin} și I_{Zmax} .

- Valoarea I_{Zmin} este determinată de ieșirea din regiunea de stabilizare (cotul caracteristicii din cadranul III), iar I_{Zmax} este determinat din considerente de putere maximă disipată de diodă ($I_{Zmax}=P_{dZ}/V_Z$).
- Se presupune că fără sarcină ($R_L \rightarrow \infty$), curentul prin dioda Zener este egal cu I_{Zmax} și de pe caracteristica tensiune-curent se observă că tensiunea pe diodă este foarte aproape de V_Z .
- Conectând sarcina R_L , aceasta va absorbi un curent I_L , iar curentul I_Z prin dioda Zener va scădea.
- Atât timp cât $I_Z > I_{Zmin}$, tensiunea pe dioda Zener rămâne aproximativ egală cu V_Z .
- Dar tensiunea V_Z este egală cu cea de pe sarcină deoarece dioda Zener și sarcina sunt conectate în paralel, astfel că și tensiunea V_L rămâne aproximativ constantă și circuitul are comportare de stabilizator de tensiune.
- Același mecanism acționează și în cazul variației tensiunii de rețea.
- Creșterea tensiunii de rețea determină creșterea tensiunii redresate și deci și a tensiunii nestabilizate de la intrarea stabilizatorului, V_I .
- Crește, de asemenea, curentul de intrare în stabilizator I_I .
- Dacă se presupune curentul prin sarcină constant, atunci variațiile lui I_I sunt preluate de dioda Zener.
- Atât timp cât $I_Z < I_{Zmax}$ circuitul se comportă ca un stabilizator și $V_L = V_Z$.

Schema unui stabilizator parametric:

