

CAPITOLUL 3. DIODA SEMICONDUCTOARE.

3.1 STRUCTURA ȘI SIMBOLUL DIODEI

Dioda semiconductoră - este un dispozitiv electronic format dintr-o joncțiune **PN** prevăzută cu două contacte metalice atașate la cele două zone numite **Anod (+)** și **Catod(-)**. Acest ansamblu este introdus într-o capsulă cu rol de protecție și de transfer al căldurii degajate în timpul funcționării.

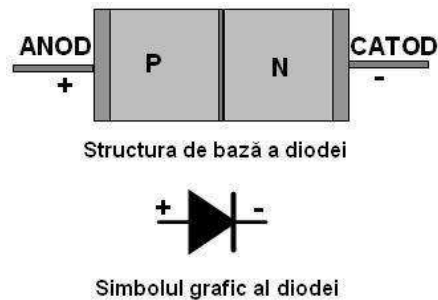


Figura 3.1 Structura și simbolul grafic al diodei

Materialele utilizate pentru construcția joncțiunii PN sunt metale semiconductoare (Germaniu și Siliciu).

Capsulele diodelor pot fi din plastic, din sticlă sau metalice.



Figura 3.2 Capsule de diode uzuale

Simbolurile diodelor utilizate frecvent în circuitele electronice sunt prezentate mai jos:



3.2 TESTAREA DIODELOR

a. Verificarea diodelor se face cu multimetru digital prin două metode:

1. Se măsoară rezistența diodei în ambele sensuri.

Dioda funcționează dacă într-un sens aparatul indică rezistență mică (pe display este afișat un număr) iar în celălalt sens indică rezistență foarte mare (pe display este afișat **1.** sau **.0L**).


Pentru măsurarea rezistenței joncțiunii diodei, comutatorul multimetrului se fixează pe domeniul ohmi pe poziția 2M sau 20M

2. Se măsoară tensiunea la bornele diodei în ambele sensuri.

Dioda funcționează dacă într-un sens aparatul indică **0,7 V** iar în celălalt sens indică **0 V**.

Pentru măsurarea tensiunii pe diodă, comutatorul multimetrului se fixează pe poziția



Dacă multimetrul este prevăzut cu buton de selecție a funcției  se activează butonul de selecție până apare pe display simbolul diodei.

b. Identificarea terminalelor diodei semiconductoare se face prin două metode:

1. Vizual - în funcție de tipul capsulei:

- La diodele în capsulă de plastic și de sticlă terminalul spre care este o **bandă colorată** reprezintă **Catodul(-)**;
- La diodele în capsulă metalică terminalul care este în legătură directă cu corpul diodei reprezintă **Catodul(-)**.



Figura 3.3 Identificarea terminalelor diodei în funcție de tipul capsulei

2. Prin măsurarea rezistenței sau a tensiunii pe diodă cu multimetrului digital:

Se conectează tastele multimetrului la bornele diodei în sensul în care acesta indică rezistență mică sau indică tensiune. În această situație borna **+** (**plus**) a multimetrului este conectată la **anodul diodei (+)** iar borna **-** (**minus**) a multimetrului este conectată la **catodul diodei (-)**.

3.3 POLARIZAREA DIODELOR

Dioda redresoare, dioda cu contact punctiform, dioda de comutație, dioda tunel **se polarizează direct**.

Dioda stabilizatoare, dioda varicap **se polarizează invers**.

Prin **polarizare** se înțelege aplicarea la terminalele diodei a unei **tensiuni continue**.

Polarizarea poate fi **directă** și **inversă**.

Polarizare directă - constă în conectarea **bornei (+)** a sursei la **Anodul (+)** diodei și a **bornei (-)** a sursei la **Catodul (-)** diodei.

O diodă este **polarizată direct** și în situația în care **anodul este mai pozitiv decât catodul**.

LA POLARIZARE **DIRECTĂ** DIODA INTRĂ ÎN **CONDUȚIE** ȘI **PERMITE** TRECEREA CURENTULUI ELECTRIC PRIN EA.

Polarizare inversă - constă în conectarea **bornei (+)** a sursei la **Catodul (-)** diodei și a **bornei (-)** a sursei la **Anodul (+)** diodei.

O diodă este **polarizată invers** și în situația în care **anodul este mai negativ decât catodul**.

LA POLARIZARE **INVERSĂ** DIODA SE **BLOCHEAZĂ** ȘI **NU PERMITE** TRECEREA CURENTULUI ELECTRIC PRIN EA.

Tensiunea de prag - este tensiunea minimă cu care trebuie să fie polarizată o diodă pentru a intra în conducție.

Pentru diodele cu **siliciu** tensiunea de prag are valoarea **0,6 V** iar pentru cele cu **germaniu** are valoarea **0,2 V**.

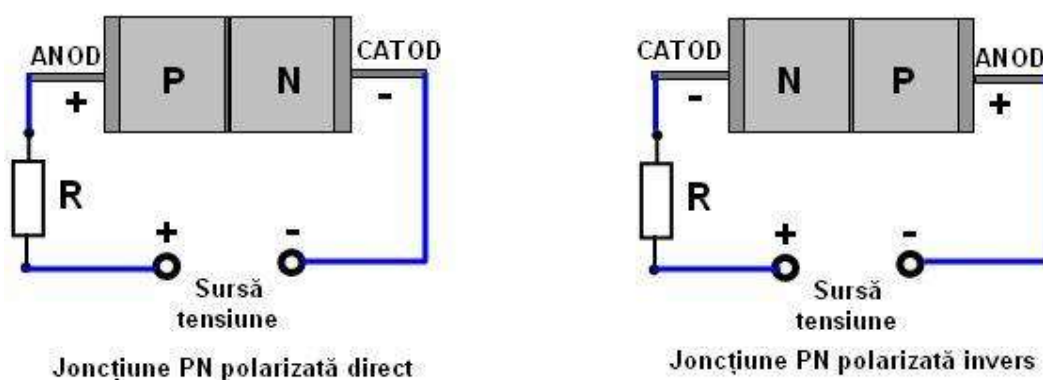


Figura 3.6 Polarizarea diodei semiconductoare

3.4 PARAMETRII CARACTERISTICI DIODELOR

a. Parametrii caracteristici diodei redresoare:

- Tensiunea continuă directă [V_F] – reprezintă tensiunea la bornele diodei în conducție directă, pentru un anumit curent precizat I_F ;
- Curentul direct continuu [I_F] – reprezintă curentul continuu admis în regim permanent care trece prin diodă, în absența componentei alternative;
- Tensiunea directă la vârf [V_{FM}] – reprezintă valoarea maximă a tensiunii sinusoidale la bornele diodei în conducție directă, pentru un curent maxim precizat I_{FM} ;
- Curentul direct la vârf [I_{FM}] – reprezintă valoarea maximă a curentului semi-sinusoidal în sens direct, în regim permanent;
- **Tensiunea inversă maximă de vârf [V_{RRM}]** – reprezintă tensiunea inversă maximă la care poate rezista dioda, atunci când această tensiune este atinsă în mod repetat;
- **Curentul direct maxim de vârf [I_{FRM}]** – reprezintă valoarea instantaneei maxime a curentului direct, în regim permanent, incluzând toți curenții tranzitorii în absența polarizării continue;
- Curentul direct de vârf de suprasarcină accidentală [I_{FSM}] – reprezintă valoarea de vârf a unui impuls de curent direct, ce trece accidental prin diodă într-un interval de timp foarte scurt (10 ms);
- Tensiunea de străpungere [V_{BR}] – reprezintă valoarea minimă a tensiunii la care are loc distrugerea diodei;
- Puterea disipată [P_{dmax}] – reprezintă valoarea maximă a puterii disipate, fără ca această putere să distrugă dioda – $P_{dmax} = V_{FM} \cdot I_{FM}$;
- Temperatura maximă a joncțiunii [T_{jmax}] – reprezintă temperatura maximă a joncțiunii PN. Pentru diodele cu siliciu: $T_{jmax} = (- 55^{\circ}C \dots +175^{\circ}C)$

Tabel 3.1 - Date de catalog pentru diode redresoare din familia 1N4001-1N4007

DIODĂ	$V_{RRM}[V]$	$I_{FRM}[A]$	$I_{FSM}[A]$	$V_F[V]$	$I_F[A]$	$P_{dmax}[W]$
1N4001	50	10	30	1,1	1	3
1N4005	600	10	30	1,1	1	3
1N4007	1000	10	30	1,1	1	3

b. Parametrii caracteristici diodei stabilizatoare:

- Tensiunea nominală de stabilizare [V_{ZT}] – reprezintă tensiunea aplicată în sens invers la bornele diodei, care rămâne aproximativ constantă când curentul ia valori într-un anumit domeniu;
- Curentul de control al tensiunii stabilizate [I_{ZT}] – reprezintă curentul de control al tensiunii stabilizate;
- Curentul de stabilizare maxim [I_{ZM}] – reprezintă limita superioară a curentului de stabilizare peste care funcționarea diodei nu mai este garantată. Curentul de stabilizare maxim nu apare în toate cataloagele, dar mai poate fi calculat cu aproximație utilizând formula: $I_{ZM} = \frac{P_{dmax}}{V_Z}$;
- Curentul de stabilizare minim [I_{ZK}] – reprezintă limita inferioară a curentului de stabilizare sub care funcționarea diodei nu mai este garantată;
- Impedanța Zener [Z_{ZT}] – reprezintă valoarea în ohmi a impedanței dinamice corespunzătoare curentului de control al tensiunii de stabilizare (se măsoară în regim variabil $Z_{ZT} = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$).

Tabel 3.2 - Date de catalog pentru diode Zener din familia BZX85C cu $P_D = 1,3 \text{ W}$

DIODĂ	$V_{ZT}[V]$	$I_{ZT}[mA]$	$Z_{ZT}[\Omega]$	$Z_{ZK}[\Omega]$	$I_{ZK}[mA]$	$I_{ZM}[mA]$
BZX85C 4V7	4,7	45	13	600	1	193
BZX85C 5V1	5,1	45	10	500	1	178
BZX85C 5V6	5,6	45	7	400	1	162
BZX85C 9V1	9,1	25	5	200	0,5	100
BZX85C 10	10	25	7	200	0,5	91
BZX85C 12	12	20	9	350	0,5	76
BZX85C 15	15	15	15	500	0,5	61

3.5 FUNCȚIONAREA DIODEI REDRESOARE ÎN CIRCUIT.

3.5.1 FUNCȚIONAREA DIODELOR ÎN CIRCUITE DE CURENT CONTINUU.

Dacă plasăm o diodă cu **anodul (+)** spre borna (+) a unei surse de alimentare, dioda intră în conducție și permite trecerea curentului prin ea.

Dacă plasăm o diodă cu **catodul (-)** spre borna (+) a unei surse de alimentare, dioda se blochează și NU permite trecerea curentului prin ea.

În **figura 3.11** dioda este în conducție, permite trecerea curentului electric prin ea, lampa H luminează.

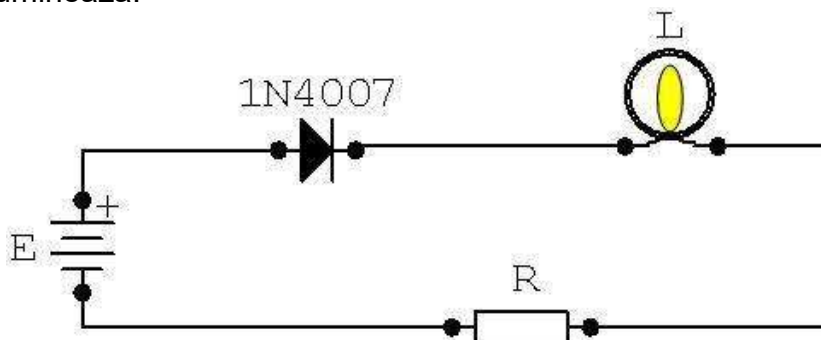


Figura 3.11 Diodă în circuit de curent continuu - polarizată direct

În **figura 3.12** dioda este blocată, NU permite trecerea curentului electric prin ea, lampa H NU luminează.

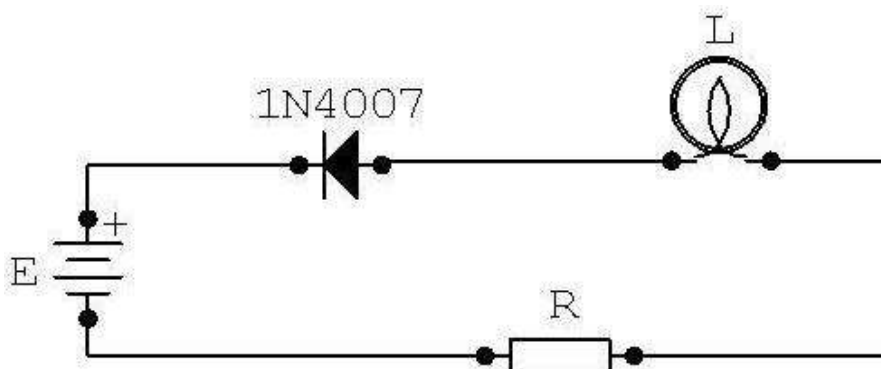


Figura 3.12 Diodă în circuit de curent continuu - polarizată invers

3.5.2 FUNCȚIONAREA DIODELOR ÎN CIRCUITE DE CURENT ALTERNATIV.

Dioda redresoare transformă tensiunea alternativă în tensiune continuă (redresează).

Dacă plasăm o diodă cu **anodul (+)** spre sursa de tensiune alternativă, dioda permite să treacă prin ea **semialternanțele pozitive** (fig.3.13).

Dacă plasăm o diodă cu **catodul (-)** spre sursa de tensiune alternativă, dioda permite să treacă prin ea **semialternanțele negative** (fig.3.14).

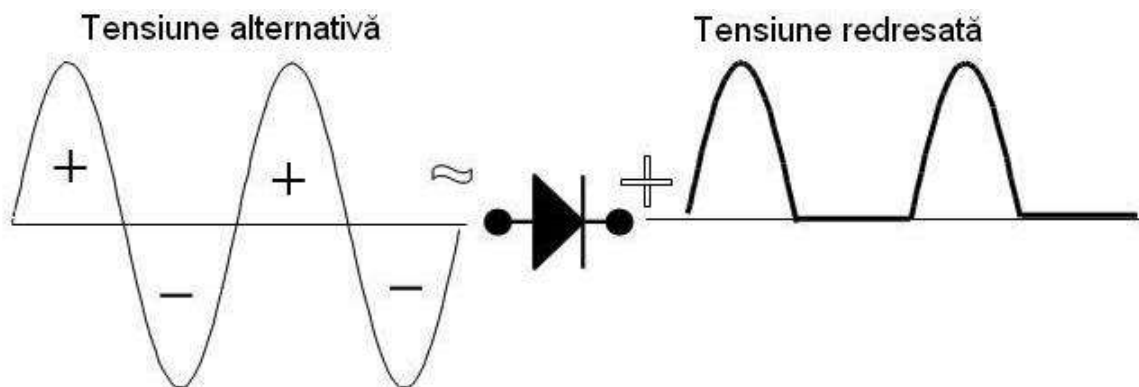


Figura 3.13 Redresarea semialternanțelor pozitive

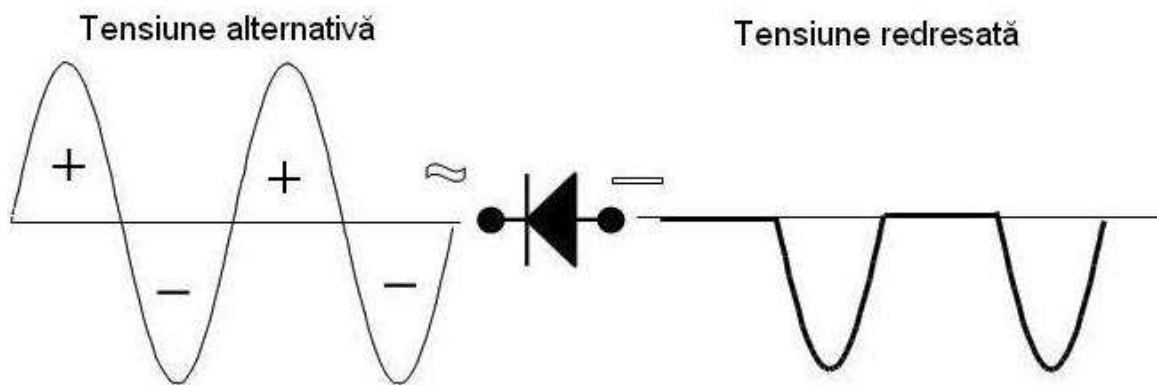


Figura 3.14 Redresarea semialternanțelor negative

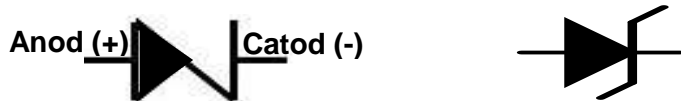
3.6 FUNCȚIONAREA DIODEI STABILIZATOARE ÎN CIRCUIT

a. Generalități.

Dioda stabilizatoare (Zener) – menține la ieșirea unui circuit de curent continuu tensiunea constantă (stabilizată) în condițiile în care se modifică, între anumite limite, valoarea tensiunii de intrare sau a curentului de sarcină (curent absorbit de consumator).

Dioda stabilizatoare se polarizează invers.

Simbolul diodei Zener.



Diodele stabilizatoare se construiesc în capsulă din sticlă, plastic sau metalică



Figura 3.15 Diode stabilizatoare de tensiune

b. Conectarea diodei în circuit.

Dioda stabilizatoare se utilizează numai în circuite de curent continuu și se polarizează întotdeauna invers. Pentru limitarea curentului prin diodă la funcționarea stabilizatorului "în gol" (fără rezistență de sarcină), dioda stabilizatoare se conectează în circuit în serie cu un rezistor (R_z). Tensiunea de ieșire a circuitului de stabilizare "se culege" de la bornele diodei Zener.

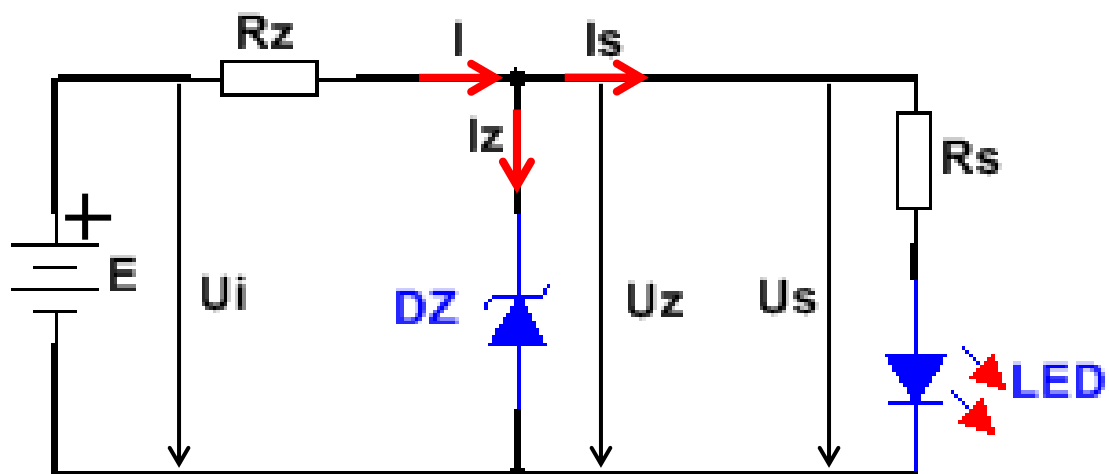


Figura 3.16 Polarizarea diodei stabilizatoare de tensiune

c. Algoritm de calcul a elementelor de circuit.

În circuitul din **figura 3.16** se cunoaște:

LED-ul este roșu cu: $U_{LED} = 1,8 \text{ V}$; $I_{LED} = 10 \text{ mA}$;

dioda DZ este BZX85C 5V1 cu: $V_{ZT} = 5,1 \text{ V}$; $I_{ZT} = 45 \text{ mA}$; $I_{ZK} = 1 \text{ mA}$; $I_{ZM} = 178 \text{ mA}$.

Pentru circuitul din figura 3.16 se pot scrie relațiile:

$$U_S \cong U_{DZ} \quad (1) \quad U_i = U_{R_S} + U_{DZ} \quad (2) \quad U_{R_S} = R_Z \cdot I \quad (3) \quad I = I_Z + I_S \quad (4)$$

Pentru calculul elementelor de circuit se parcurg etapele:

1. Se calculează valoarea rezistenței de sarcină R_S :

$$R_S = \frac{U_S[V] - U_{LED}[V]}{I_S[mA]} \cdot 1000 = \frac{5,1 - 1,8}{10} \cdot 1000 = 330 \Omega \quad (5)$$

unde: $U_S = V_{ZT} = 5,1 \text{ V}$; $I_S = I_{LED} = 10 \text{ mA}$;

2. Se calculează valoarea rezistenței de limitare R_Z dacă se cunoaște valoarea maximă a tensiunii de intrare U_i (se consideră $U_i = 27 \text{ V}$) :

$$R_Z = \frac{U_i - V_{ZT}}{I_{ZM}} = \frac{27 \text{ V} - 5,1 \text{ V}}{150 \text{ mA}} \cdot 1000 = 146 \Omega \quad (6)$$

$R_Z = 150 \Omega$ (prima valoare superioară standardizată).

Când se calculează R_Z se consideră că valoarea curentului prin dioda Zener este maxim, stabilizatorul funcționează fără sarcină (cu ieșirea în gol);

3. Se calculează valoarea minimă a tensiunii de intrare care poate fi stabilizată de dioda Zener:

$$U_{i_{min}} = U_{R_Z} + U_{DZ} = R \cdot (I_{ZK} + I_S) + V_{ZT}$$

$$U_{i_{min}} = 150 \Omega \cdot (1 \text{ mA} + 10 \text{ mA}) + 5,1 \text{ V} = 1,6 \text{ V} + 5,1 \text{ V} = 6,7 \text{ V} \quad (7)$$

La calculul tensiunii de intrare minime se ia în considerare curentul minim de care are nevoie dioda ca să stabilizeze și curentul de sarcină necesar funcționării consumatorului;

4. Dacă se cunoaște valoarea rezistenței de limitare R_Z , se calculează valoarea maximă a tensiunii de intrare care poate fi stabilizată de dioda Zener:

$$U_{i_{max}} = U_{R_Z} + U_{DZ} = R \cdot I_{ZM} + V_{ZT} \quad (8)$$

3.7 DIODE DE UZ SPECIAL

3.7.1 DIODE STABILIZATOARE DE CURENT

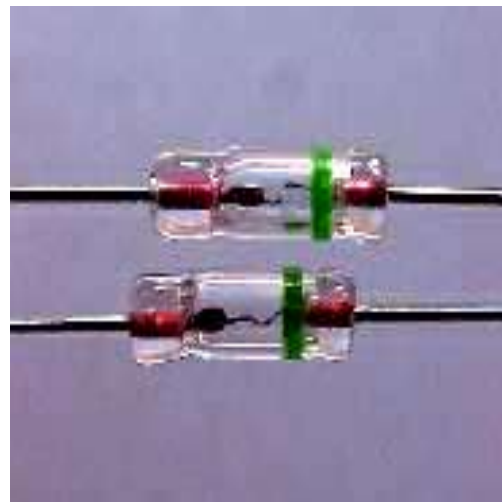
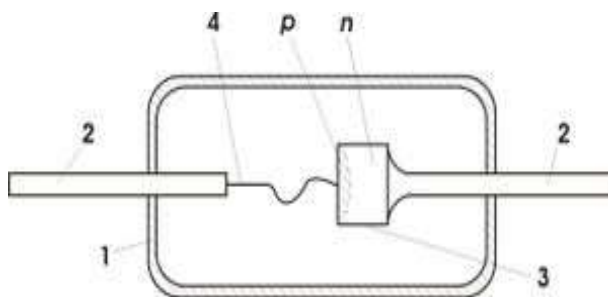
Sunt diode care mențin curentul constant între anumite limite la modificarea tensiunii din circuit. **Se polarizează direct** cu tensiuni cuprinse între 1,5 V și 6 V .

Seria de diode **1N5283 – 1N5314** au curentul de stabilizare cuprins între 0,2 - 4,7 mA.

Simbolul diodei stabilizatoare de curent



3.7.2 DIODE CU CONTACT PUNCTIFORM



Structura unei diode cu contact punctiform: 1- capsulă de sticlă;
2-electrozi metalici;
3-semiconductor de tip n;
4-conductor subtire de wolfram.

Figura 3.17 Diode cu contact punctiform

Diodele cu contact punctiform sunt diode cu capacitatea totală foarte mică (sub 1 pF) fiind utilizate în domeniul frecvențelor înalte și ultraînalte, ca detectoare și schimbătoare de frecvență, putând fi folosite și în regim de impulsuri, ca diode de comutație.

Tensiunea de deschidere U_F este mai mare ca la diodele redresoare, ajunge până la **2 V**.

Se **polarizează direct** și se notează cu **AA112----AA118, EFD 103, EFD 109...etc.**

3.7.3 DIODE DE COMUTAȚIE

La aceste diode răspunsul la schimbarea condițiilor de polarizare este foarte rapid. Timpul de comutație din starea de blocare în cea de conducție și invers este foarte mic.

1N4148 reprezintă o familie de diode de comutație

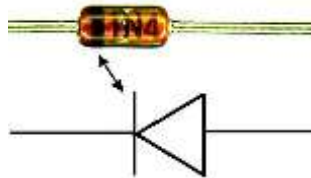
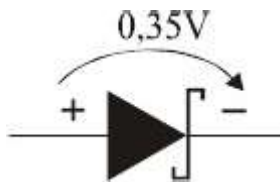


Figura 3.18 Diodă de comutație

Dioda Schottky – este o diodă de comutație rapidă cu timpul de comutație de 50 ps. Dioda se polarizează direct, iar tensiunea de deschidere a diodei este de 0,3 V.



1N5817 – 1N5819 ; SK..... ; SR.....

3.7.4 DIODE VARICAP (VARACTOR)

Aceste diode se **polarizează invers** și își modifică capacitatea odată cu modificarea tensiunii. Diodele varicap se comportă în circuit ca niște condensatoare variabile comandate în tensiune. Capacitatea unei diode varicap se modifică de la ordinul pF până la zeci de pF.

Simbolul diodei varicap



Diodele varicap se notează cu **BB** 101, 102.....201.....etc.

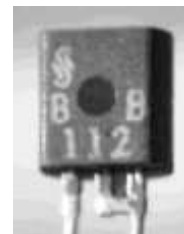
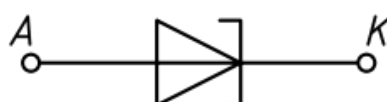


Figura 3.19 Diode varicap



3.7.5 DIODE TUNEL (ESAKI)

Dioda tunel este un dispozitiv electronic cu **rezistență dinamică negativă**.

Până la o anumită valoare a tensiunii de polarizare (U_P – tensiunea de pic) dioda tunel funcționează ca o diodă normală (curentul prin diodă crește odată cu tensiunea de polarizare).

Dacă tensiunea de polarizare a diodei crește peste o anumită valoare (de la U_P la U_V - tensiunea de vale) , curentul prin diodă scade (acest fenomen poartă numele de rezistență negativă).

Dacă tensiunea de polarizare crește și mai mult (peste tensiunea U_V) dioda tunel funcționează iarăși ca diodă normală.

Deci dioda tunel **se polarizează direct** și are 3 zone distincte de funcționare.

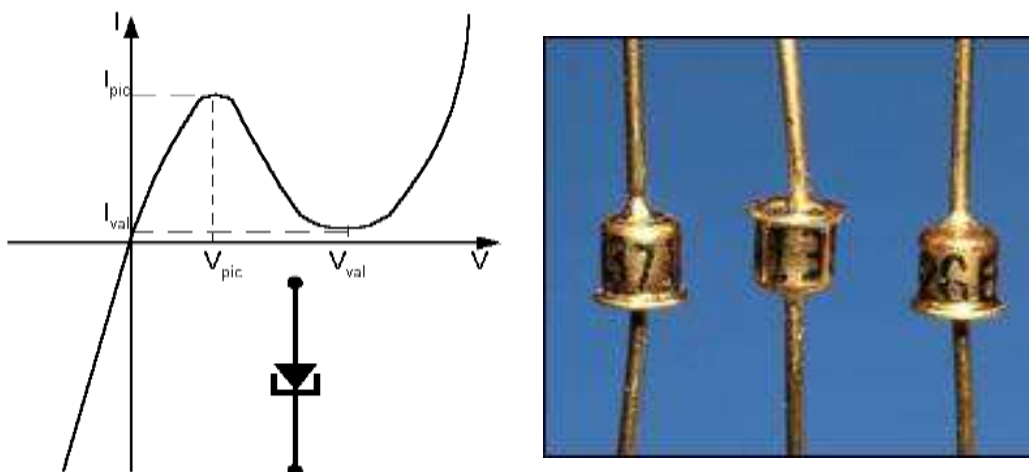


Figura 3.20 Diode tunel

Familii de diode tunel: **1N3713....1N3721 ; 1N 2927 ; 1N3149**

Dioda tunel se utilizează în circuite electronice de amplificare, oscilație și comutație.

3.7.6 DIODE GUNN

Diodele Gunn sunt componente specifice generatoarelor de microunde și funcționează prin efectul Gunn, adică prin apariția unei oscilații de foarte înaltă frecvență în semiconductoare omogene, la trecerea unui curent prin acestea. Necesită tensiuni de alimentare mici (5 – 10V) și pot produce oscilații de până la 30 GHz la puteri de 100 mW.

Diodele Gunn sunt dispozitive active în domeniul microundelor, care funcționează ca un convertor a tensiunii continue într-o tensiune oscilantă de înaltă frecvență.



Figura 3.21 Diode GUNN

Familii de diode GUNN: **MG 1001 – MG1061**

Se utilizează ca oscilatoare de mică și medie putere; ca amplificatoare de microunde, cuptoare cu microunde, detectoare de mișcare, detectoare radar, radare militare.

3.7.8 DIODE PIN

O diodă PIN este formată din două regiuni, **n** și **p**, separate de un strat intrinsec de siliciu.

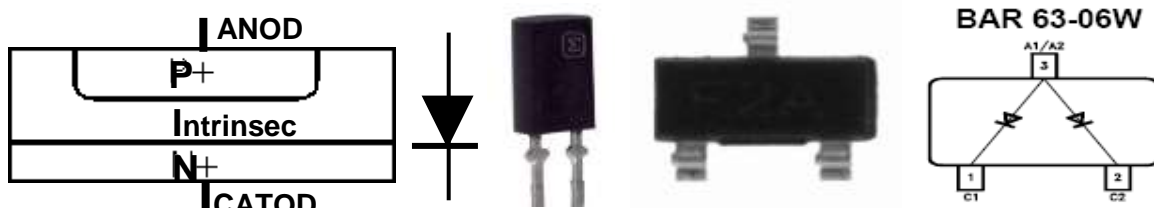


Figura 3.22 Diode PIN

În polarizare directă, funcționează ca o rezistență variabilă, comandată în curent.

În polarizare inversă, funcționează ca o capacitate relativ constantă.

Familii de diode PIN: **BAR 63-04W, BAR 63-05W, BAR 63-06W**

Se utilizează în special în circuitele de radiofrecvență, ca atenuatoare comandabile.

Se mai utilizează în domeniul microundelor, drept comutator comandat în tensiune continuă de variațiile rapide ale tensiunii de polarizare, sau ca dispozitiv de modulare.