

MODUL 1:

BAZELE ELECTRONICII ANALOGICE

CLASA _A X-^A E

CUPRINS

PREFAȚĂ.....	1
CAPITOLUL 1. MATERIALE SEMICONDUCTOARE.....	2
1.1 GENERALITĂȚI.....	2
1.2 CONDUȚIA ÎN SEMICONDUCTOARE.....	3
1.3 SEMICONDUCTOARE DE TIP N ȘI DE TIP P.....	4
1.3.1 SEMICONDUCTOARE DE TIP P.....	4
1.3.2 SEMICONDUCTOARE DE TIP N.....	5
REZUMATUL CAPITOLULUI.....	6
EVALUAREA CUNOȘTINȚELOR.....	7
CAPITOLUL 2. JONȚIUNEA PN.....	8
2.1 REALIZAREA JONȚIUNII PN.....	8
2.2 POLARIZAREA DIRECTĂ A JONȚIUNII PN.....	9
2.3 POLARIZAREA INVERSĂ A JONȚIUNII PN.....	12
REZUMATUL CAPITOLULUI.....	16
EVALUAREA CUNOȘTINȚELOR.....	17
CAPITOLUL 3. DIODA SEMICONDUCTOARE.....	18
3.1 STRUCTURA ȘI SIMBOLUL DIODEI.....	18
3.2 TESTAREA DIODELOR.....	19
LUCRARE DE LABORATOR.....	20
3.3 POLARIZAREA DIODELOR.....	22
3.4 PARAMETRII CARACTERISTICI DIODELOR.....	23
SIMULARE CU AJUTORUL CALCULATORULUI.....	25
3.5 FUNCȚIONAREA DIODEI REDRESOARE ÎN CIRCUIT.....	29
3.5.1 FUNCȚIONAREA DIODELOR ÎN CIRCUITE DE CURENT CONTINUU.....	29
3.5.2 FUNCȚIONAREA DIODELOR ÎN CIRCUITE DE CURENT ALTERNATIV.....	30
3.6 FUNCȚIONAREA DIODEI STABILIZATOARE ÎN CIRCUIT.....	31
3.7 DIODE DE UZ SPECIAL.....	33
3.7.1 DIODE STABILIZATOARE DE CURENT.....	33
3.7.2 DIODE CU CONTACT PUNCTIFORM.....	33
3.7.3 DIODE DE COMUTAȚIE.....	34
3.7.4 DIODE VARICAP (VARACTOR).....	34
3.7.5 DIODE TUNEL (ESAKI).....	35
3.7.6 DIODE GUNN.....	36

3.7.8 DIODE PIN.....	36
REZUMATUL CAPITOLULUI.....	37
EVALUAREA CUNOȘTIȚELOR.....	39
CAPITOLUL 4. APLICAȚII ALE DIODELOR SEMICONDUCTOARE	40
4.1 REDRESORUL MONO-ALTERNANȚĂ	40
4.2 REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ CU PRIZĂ MEDIANĂ.....	41
4.3 REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ ÎN PUNTE.....	42
4.3.1 PUNTEA REDRESOARE	42
SIMULARE CU AJUTORUL CALCULATORULUI	44
SIMULARE CU AJUTORUL CALCULATORULUI	48
REZUMATUL CAPITOLULUI.....	50
EVALUAREA CUNOȘTIȚELOR.....	51
CAPITOLUL 5. TRANZISTOARE BIPOLARE	52
5.1. TRANZISTOARE BIPOLARE - GENERALITĂȚI	52
5.1.1 STRUCTURA ȘI SIMBOLUL TRANZISTORULUI BIPOLAR.....	52
5.1.2 ÎNCAPSULAREA TRANZISTOARELOR. IDENTIFICAREA TERMINALELOR.	53
LUCRARE DE LABORATOR	56
5.1.3 FUNCȚIONAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR.....	59
5.1.4 PARAMETRII ȘI CARACTERISTICILE TRANZISTORULUI BIPOLAR	61
5.1.5 FUNCȚIILE TRANZISTORULUI BIPOLAR.	65
SIMULARE CU AJUTORUL CALCULATORULUI	67
5.2 CONEXIUNILE TRANZISTOARELOR BIPOLARE.....	69
5.2.1 CONEXIUNEA EMITOR COMUN.....	69
5.2.2 CONEXIUNEA BAZĂ COMUNĂ	70
5.2.3 CONEXIUNEA COLECTOR COMUN.....	71
5.3. POLARIZAREA TRANZISTOARELOR BIPOLARE	72
5.3.1 PUNCTUL STATIC DE FUNCȚIONARE (PSF)	72
5.3.2 POLARIZAREA BAZEI DE LA V_{cc}	74
5.3.3 POLARIZAREA CU DIVIZOR REZISTIV.....	76
5.3.4 POLARIZAREA CU DOUĂ SURSE DE TENSIUNE	79
LUCRARE DE LABORATOR	81
5.4. DEPANAREA CIRCUITELOR CU TRANZISTOARE BIPOLARE.....	83
5.4.1 DEFECTE INTERNE ALE TRANZISTORULUI.....	83
5.4.2 DEFECTE ALE CIRCUITELOR DE POLARIZARE	86
5.5. REZOLVAREA CIRCUITELOR CU TRANZISTOARE BIPOLARE.....	90

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).

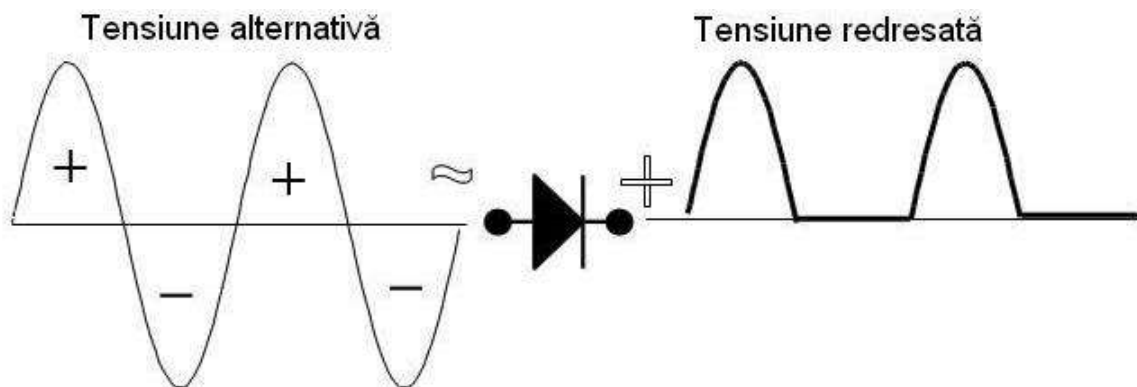


Figura 3.13 Redresarea semialternanțelor pozitive

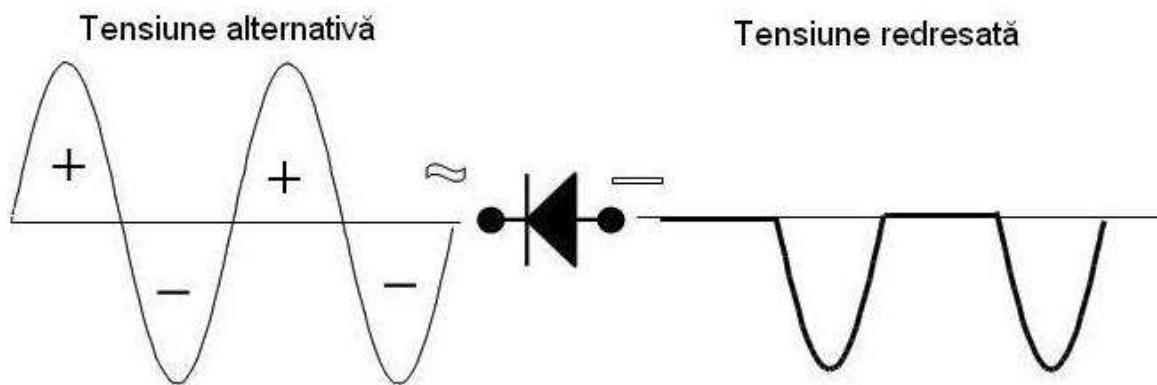


Figura 3.14 Redresarea semialternanțelor negative

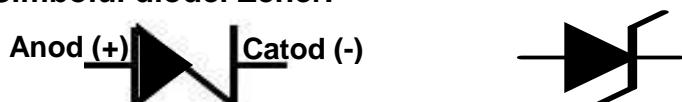
3.6 FUNCȚIONAREA DIODEI STABILIZATOARE ÎN CIRCUIT

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.

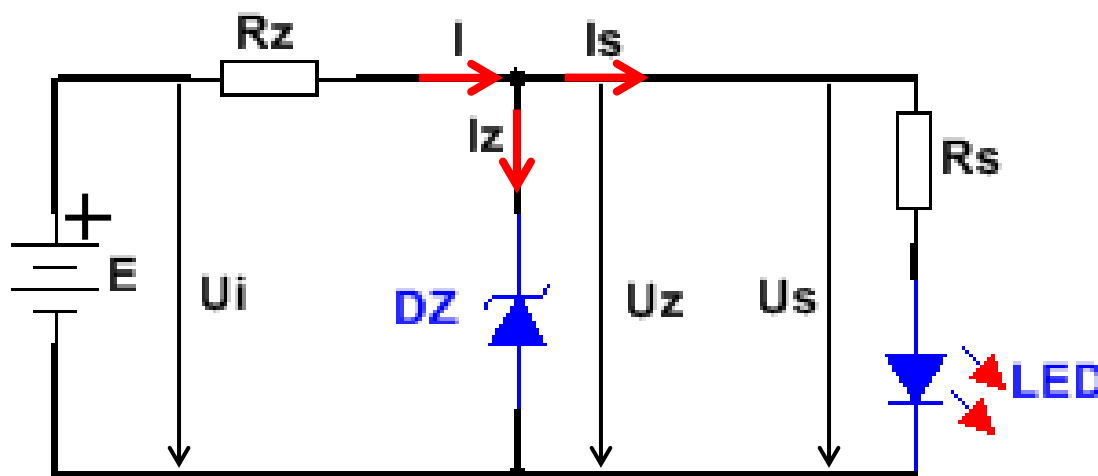


Figura 3.16 Polarizarea diodei stabilizatoare de tensiune

c. Algoritmul 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

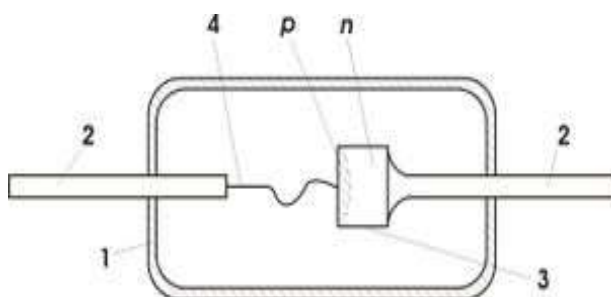
Sunt diode care mențin curentul constant între anumite limite la modificarea tensiunii din circuit. **Se polarizează direct** cu tensiuni cuprinse între 1,5 V și 6 V .

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.

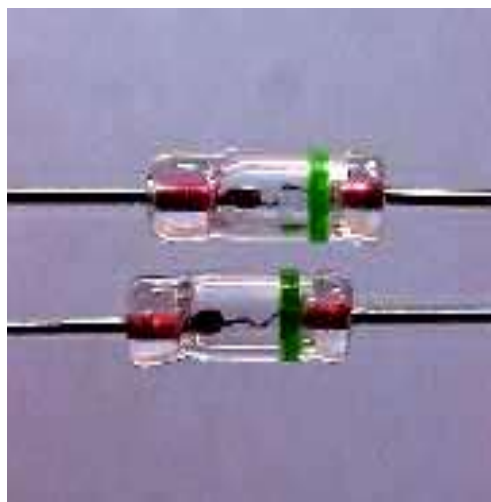


Figura 3.17 Diode cu contact punctiform

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

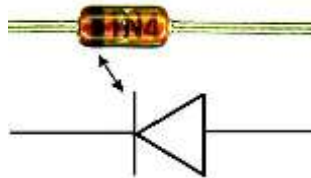
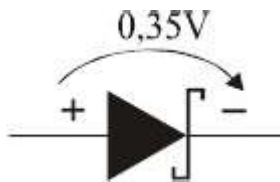


Figura 3.18 Diodă de comutație

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.**

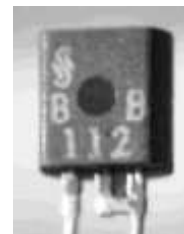


Figura 3.19 Diode varicap

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.

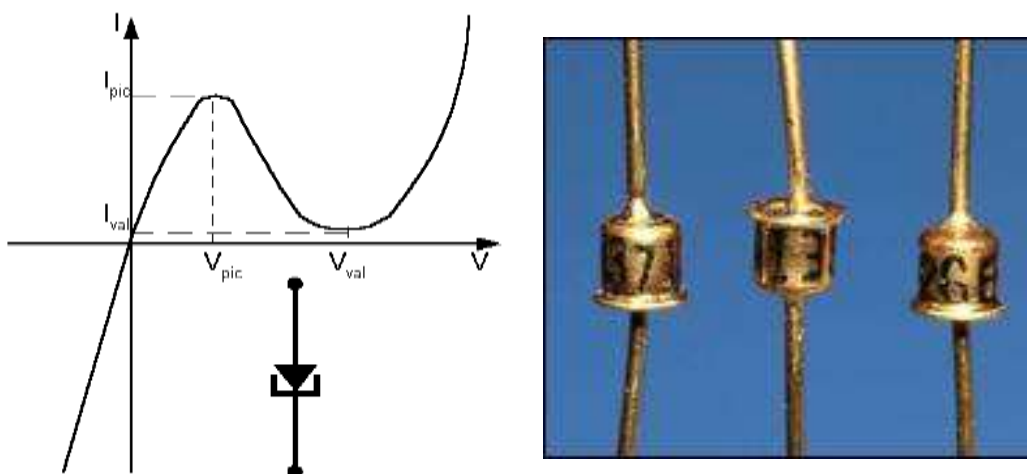


Figura 3.20 Diode tunel

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, cupatoare 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.

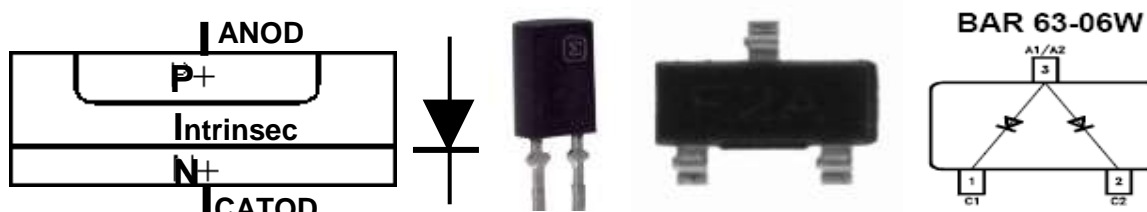


Figura 3.22 Diode PIN

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.

REZUMATUL CAPITOLULUI

- **Dioda semiconductoare** - este un dispozitiv electronic format dintr-o joncțiune **PN** prevăzută cu două contacte metalice atașate la cele două zone numite **Anod (+)** și **Catod(-)**.
- Dioda funcționează dacă într-un sens ohmmetrul digital indică rezistență mică (pe display este afișat un număr) iar în celălalt sens indică rezistență foarte mare (pe display este afișat **I.** sau **.0L**).
- 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(-)**.
- Pentru identificarea terminalelor diodei, tastele ohmmetrului digital se conectează la bornele diodei în sensul în care acesta indică rezistență mică. În această situație borna **+** (**plus**) a ohmmetrului este conectată la **anodul diodei (+)** iar borna **-** (**minus**) a ohmmetrului este conectată la **catodul diodei (-)**.
- **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**.
- **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 **directă** dioda intră în **conducție** și **permite** trecerea curentului electric prin ea. 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**.
- Dacă plasăm o diodă redresoare cu **anodul (+)** spre borna **(+)** a unei surse de alimentare, dioda intră în conducție și permite trecerea curentului prin ea. Dacă plasăm o diodă redresoare cu **catodul (-)** spre borna **(+)** a unei surse de alimentare, dioda se blochează și **NU** permite trecerea curentului prin ea.

CAPITOLUL 3. DIODA SEMICONDUCTOARE.

- Dacă plasăm o diodă redresoare cu **anodul (+)** spre sursa de tensiune alternativă, dioda permite să treacă prin ea **semialternanțele pozitive**. Dacă plasăm o diodă redresoare cu **catodul (-)** spre sursa de tensiune alternativă, dioda permite să treacă prin ea **semialternanțele negative**.
- **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) .
- **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.
- **Diodele de comutație** sunt diode la care 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.
- **Diodele varicap** își modifică capacitatea odată cu modificarea tensiunii. Aceste diode se comportă în circuit ca niște condensatoare variabile comandate în tensiune.
- **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).
- **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.
- **Dioda PIN** este formată din două regiuni, **n** și **p**, separate de un strat intrinsec de siliciu. În polarizare directă, funcționează ca o rezistență variabilă, comandată în curent. În polarizare inversă, funcționează ca o capacitate relativ constantă.

 EVALUAREA CUNOȘTINȚELOR

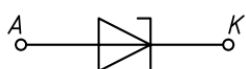
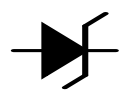


I Încercuiește varianta sau variantele de răspuns corectă.

1. La o diodă cu siliciu, valoarea tipică a tensiunii de polarizare directă este:
 - a. Mai mică de 0,3 V;
 - b. Între 0,3 V și 0,6 V;
 - c. Mai mare de 0,6 V.
2. La polarizare directă dioda:
 - a. Nu conduce curentul;
 - b. Conduce curentul;
 - c. Are rezistență mare;
 - d. Are rezistență mică.
3. Pentru a permite trecerea curentului prin ea o diodă trebuie:
 - a. Să fie polarizată direct;
 - b. Să fie polarizată invers;
 - c. Tensiunea de polarizare să fie mai mare decât tensiunea de prag.

II Completează spațiile libere cu termenii corespunzători

1. Dioda Zener stabilizează tensiunea într-un circuit dacă este polarizată
2. Diodele cu contact punctiform sunt utilizate în domeniul frecvențelor
3. Diodele varicap se comportă în circuit ca niște

III Stabilește asocierea corectă dintre tipurile de diode din coloana A și simbolurile grafice din coloana B.

A – TIP DE DIODĂ		B – SIMBOL GRAFIC	
1	DIODĂ STABILIZATOARE	a	
2	DIODĂ TUNEL	b	
3	DIODĂ VARICAP	c	
4	DIODĂ DE COMUTAȚIE	d	

CAPITOLUL 4. APLICAȚII ALE DIODELOR SEMICONDUCTOARE

4.1 REDRESORUL MONO-ALTERNANȚĂ

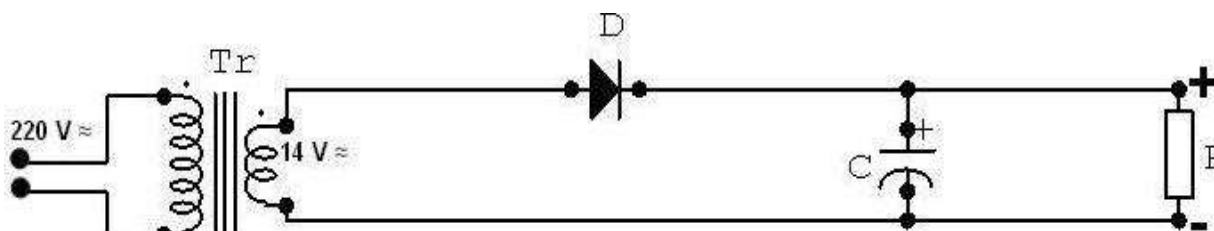


Fig.4.1 Schema electronică a redresorului mono-alternanță

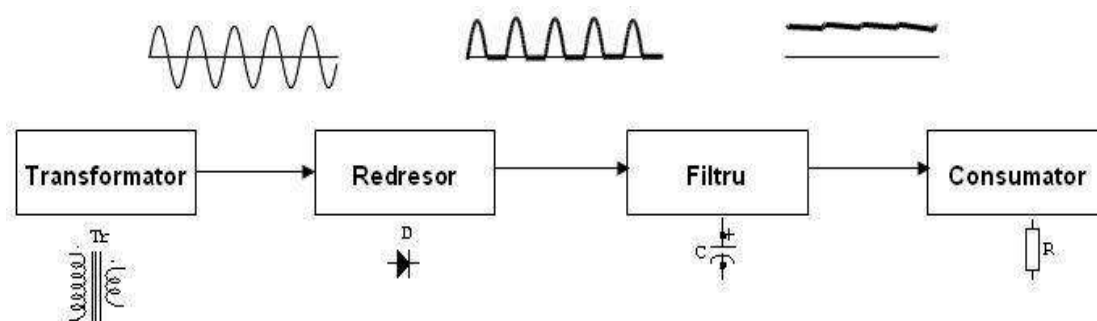


Fig. 4.2 Schema bloc a redresorului mono-alternanță

TRANSFORMATORUL - reduce tensiunea de alimentare alternativă de la 220 V la o tensiune necesară funcționării montajului.

REDRESORUL - transformă tensiunea de intrare de **curent alternativ** într-o tensiune pulsatorie de **curent continuu**.

FILTRUL - **elimină fluctuațiile** tensiunii redresate, furnizând la ieșirea sa o tensiune de c.c. relativ constantă.

Tensiunea de vârf (maximă) - U_v - reprezintă valoarea tensiunii alternative indicată de un osciloscop.

Tensiunea de vârf din secundar - $U_v(sec)$ - reprezintă valoarea tensiunii indicată de un osciloscop în secundarul transformatorului.

Tensiunea de vârf la ieșire - $U_v(out)$ - reprezintă valoarea tensiunii redresate indicată de un osciloscop.

Tensiunea efectivă - U_{ef} - reprezintă valoarea tensiunii alternative indicată de un voltmetru de c.a.

Tensiunea medie redresată - U_{med} - reprezintă valoarea tensiunii redresate indicată de un voltmetru de c.c.

$$U_v = \sqrt{2} \cdot U_{ef} \quad U_v(out) = U_v(sec) - 0,7V \quad U_{med} = \frac{U_v(out)}{\pi}$$

4.2 REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ CU PRIZĂ MEDIANĂ

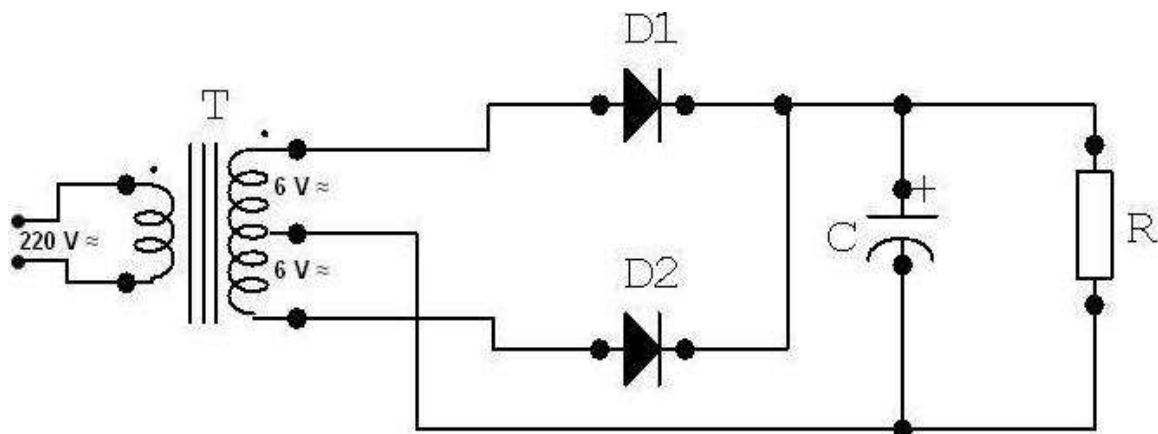


Figura 4.3 Schema electronică a redresorului dublă alternanță cu priză mediană

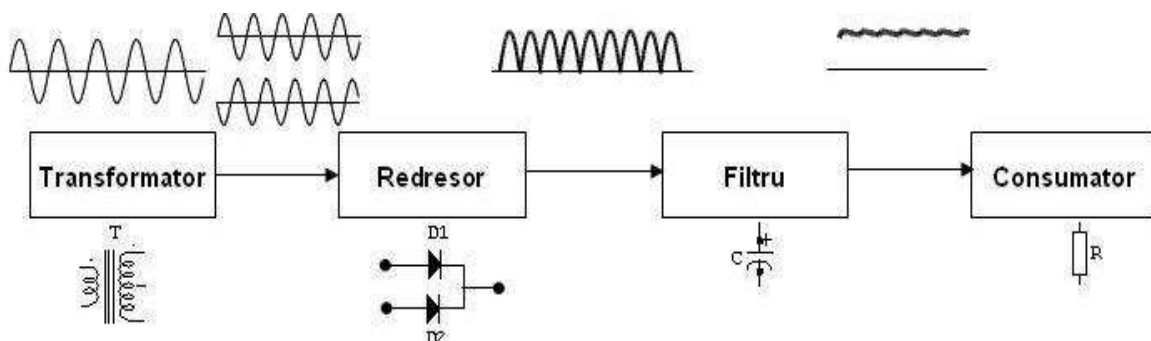


Fig. 4.4 Schema bloc a redresorului dublă alternanță cu priză mediană

Transformatorul cu priză mediană - are în secundar 2 înfășurări identice are au câte un capăt conectat la priză mediană.

Între priză mediană a secundarului și fiecare dintre capetele acestuia se regăsește câte o jumătate din tensiunea totală din secundar.

Când în primar este semialternanța pozitivă în secundar pe înfășurarea conectată la dioda D1 este semialternanță pozitivă iar pe înfășurarea conectată la dioda D2 este semialternanță negativă. În această situație dioda D1 conduce iar dioda D2 este blocată.

Când în primar este semialternanța negativă în secundar pe înfășurarea conectată la dioda D1 este semialternanță negativă iar pe înfășurarea conectată la dioda D2 este semialternanță pozitivă. În această situație dioda D1 este blocată iar dioda D2 conduce.

$$U_v = \sqrt{2} \cdot U_{ef} \quad U_v(out) = \frac{U_v(sec)}{2} - 0,7V \quad U_{med} = \frac{2 \cdot U_v(out)}{\pi}$$

4.3 REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ ÎN PUNTE

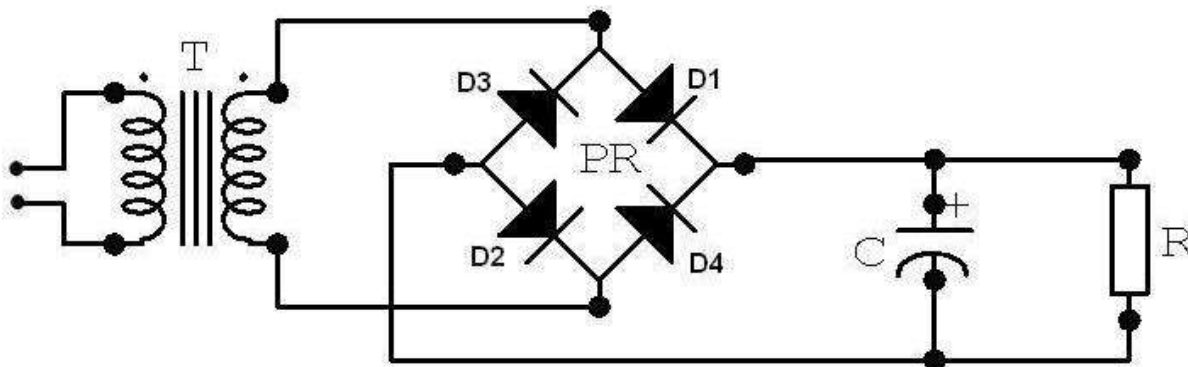


Figura 4.5 Schema electronică a redresorului dublă alternanță în punte

Redresorul dublă alternanță în punte utilizează 4 diode dispuse ca în figura 4.5 și funcționează astfel:

- pentru semialternanța pozitivă a tensiunii de intrare diodele D1 și D2 sunt polarizate direct, prin D1 trece (+) iar prin D2 trece (-). Diodele D3 și D4 sunt polarizate invers;
- pentru semialternanța negativă a tensiunii de intrare diodele D3 și D4 sunt polarizate direct, prin D3 trece (-) iar prin D4 trece (+). Diodele D1 și D2 sunt polarizate invers.

Forma tensiunii de ieșire este ca la redresorul dublă alternanță cu priză mediană.

La redresorul dublă alternanță valoarea tensiunii de ieșire este dublă față de valoarea tensiunii de ieșire de la redresorul mono-alternanță.

$$U_v = \sqrt{2} \cdot U_{ef} \quad U_v(out) = U_v(sec) - 1,4V \quad U_{med} = \frac{2 \cdot U_v(out)}{\pi}$$

4.3.1 PUNTEA REDRESOARE

Puntea redresoare are 2 porți cu câte 2 terminale fiecare poartă. Terminalele opuse reprezintă o poartă.

Poarta de intrare (notată cu ≈ și ≈) este conectată la sursa de tensiune alternativă iar poarta de ieșire (notată cu + și -) este conectată la montaj.

Puntea redresoare poate fi monobloc (figura 4.6) sau poate fi construită utilizând 4 diode redresoare.

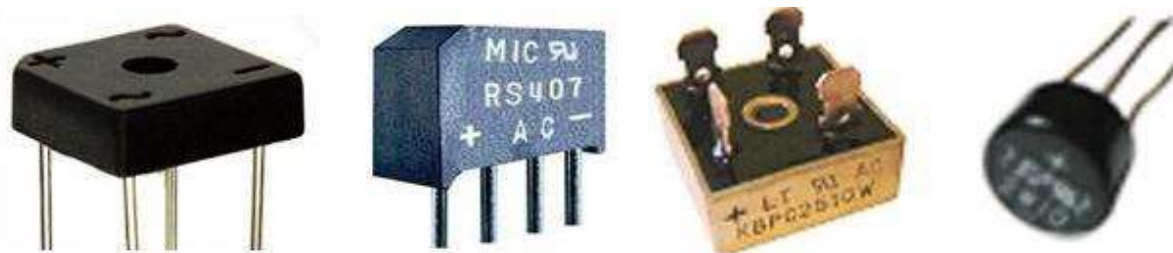


Figura 4.6 Punți redresoare monobloc

a. Construirea unei punți redresoare utilizând 4 diode.

- se desenează un romb și se stabilește poarta de intrare și poarta de ieșire pe câte 2 vârfuri opuse ale rombului;
- pe fiecare latură a rombului se stabilește ce semialternanță trebuie să treacă și sensul de parcurgere al laturii (de la intrare spre ieșire);
- pe fiecare latură se plasează o diodă astfel încât să permită trecerea semialternanței stabilite la punctul precedent.

În **figura 4.7** sunt reprezentate de la stânga la dreapta etapele de realizare a unei punți redresoare.

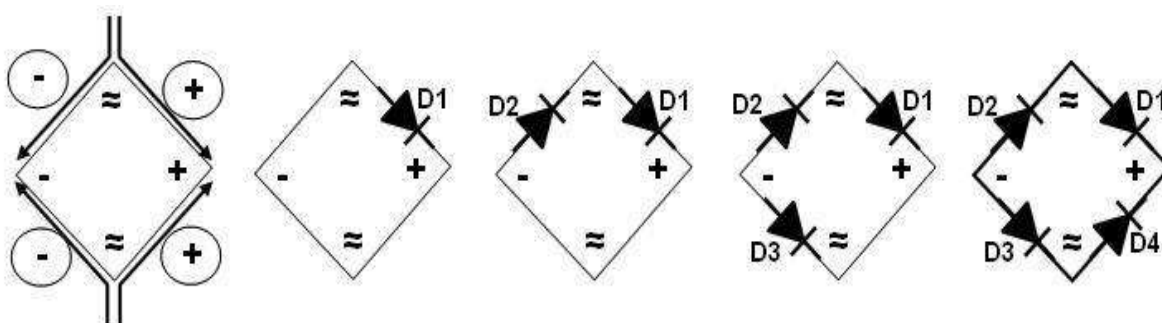


Figura 4.7 Etapele de realizare a punții redresoare cu 4 diode

b. Identificarea porților și terminalelor unei punți redresoare monobloc.

O poartă este formată din 2 terminale opuse ale punții. Dacă puntea are terminalele liniare, cele de pe margini reprezintă o poartă iar cele din interior altă poartă.

Pe **poarta de intrare** (≈) multimetrul indică în ambele sensuri **rezistență foarte mare**

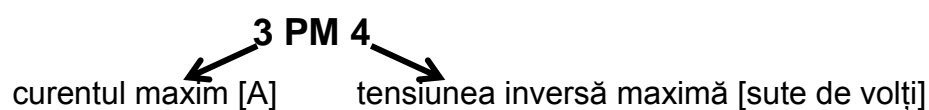
Pe **poarte de ieșire** (+ -) multimetrul indică într-un sens **rezistență foarte mare** iar în celălalt sens **rezistență mică**.

Pentru a identifica terminalul (+) și terminalul (-) al porții de ieșire , se conectează multimetrul la poarta de ieșire în sensul în care indică **rezistență mică**.

În această situație **tasta (+) a multimetrului** se află pe **terminalul (-) al porții de ieșire** iar **tasta (-) a multimetrului** se află pe **terminalul (+) al porții de ieșire**.

OBSERVAȚIE: pentru măsurătorile explicate mai sus s-a utilizat un multimetru digital.

c. Marcarea punții redresoare monobloc.



Puntea marcată cu **3PM4** suportă un curent maxim de **3 A** și o tensiune inversă de **400 V**.

CIRCUITE DE REDRESARE

➤ OBIECTIVE:

- Realizarea cu ajutorul programului de simulare a circuitelor de redresare;
- Măsurarea unor mărimi electrice în diferite puncte a circuitelor de redresare;
- Vizualizarea cu ajutorul osciloscopului a formelor de undă în diferite puncte a circuitelor de redresare .

➤ RESURSE:

- Calculator;
- Program de simulare scheme electronice.

➤ DESFĂȘURAREA LUCRĂRILOR:

A. REDRESORUL MONO-ALTERNANȚĂ.

1. Se realizează cu simulatorul schema redresorului mono-alternanță din **figura 4.8**;

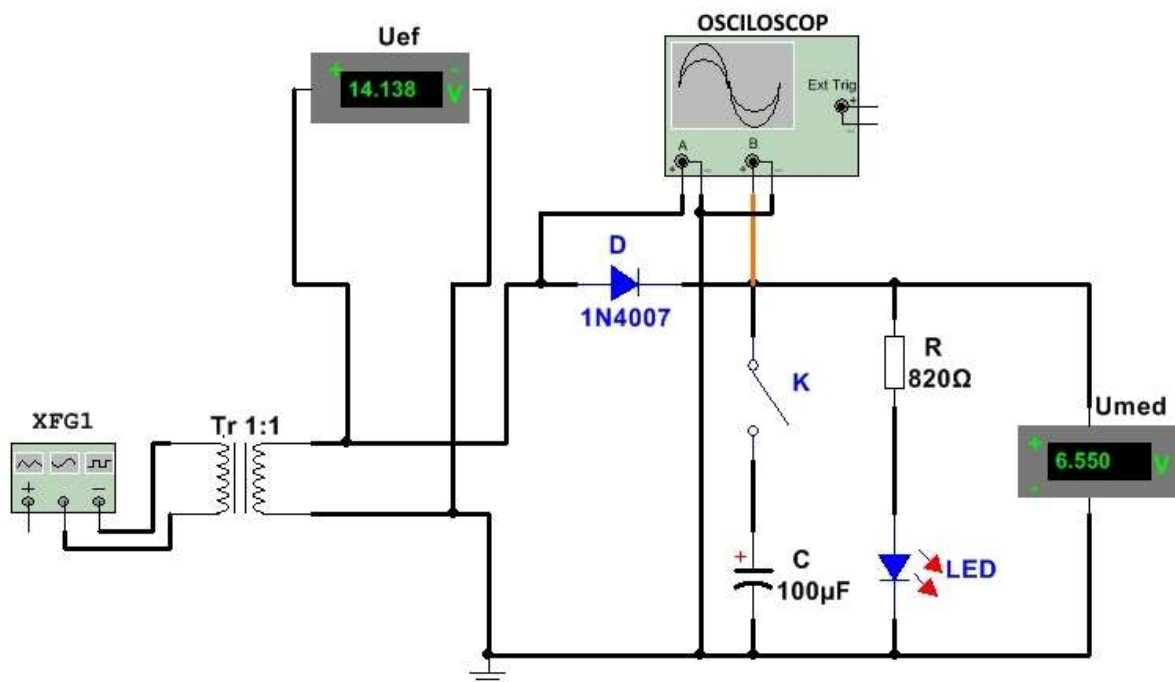


Figura 4.8 Schema redresorului mono-alternanță realizată cu simulatorul

2. La generatorul de semnal sinusoidal (XFG1) se setează:

- frecvența = 50 Hz;
- amplitudinea = 20Vp

Transformatorul Tr se setează la raportul 1:1. Nu este obligatoriu să se utilizeze transformator, generatorul poate fi conectat direct în circuit;

3. Se conectează în circuit osciloscopul, cu canalul A la intrarea în redresor și cu canalul B la ieșirea din redresor;

4. Cu întrerupătorul K în poziția deschis (fără filtru) se simulează funcționarea și se notează în tabelul 4.1 valorile U_{ef} și U_{med} indicate de voltmetrele din circuit și U_v indicată de osciloscop. Oscilograma în această situație este prezentată în **figura 4.9**. Osciloscopul este reglat la 10 V/div și 10 ms/div;

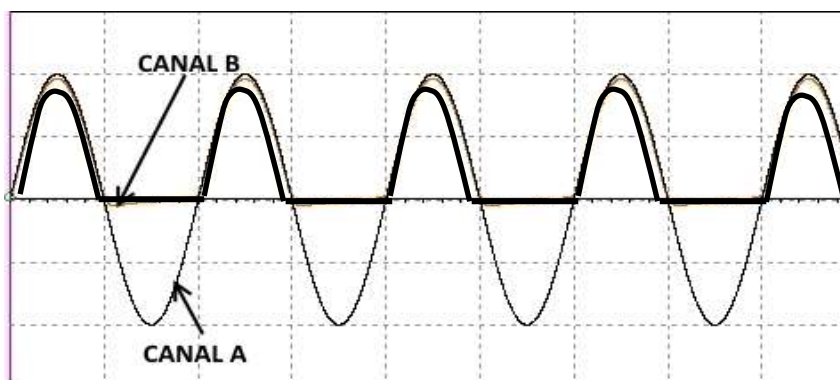


Figura 4.9 Oscilograma redresorului mono-alternanță – fără filtru

5. Cu întrerupătorul K în poziția închis (tensiunea este filtrată) se simulează funcționarea și se notează în tabelul 4.1 valorile U_{ef} și U_{med} indicate de voltmetrele din circuit și U_v indicată de osciloscop. Oscilograma în această situație este prezentată în **figura 4.10**. Osciloscopul este reglat la 10 V/div și 10 ms/div;

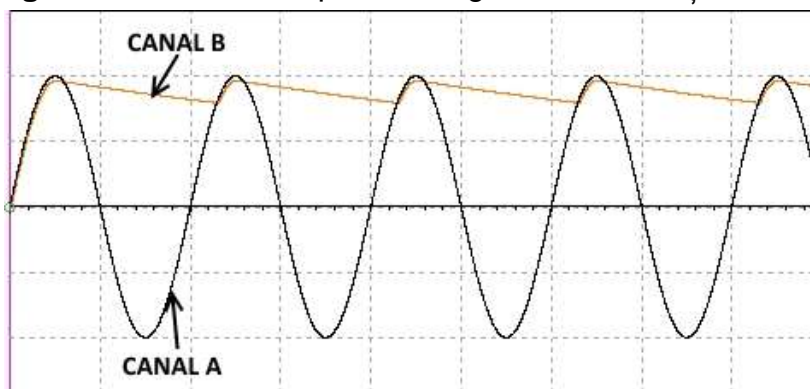


Figura 4.10 Oscilograma redresorului mono-alternanță – cu filtru

TABELUL 4.1

K deschis			K închis		
U_v	U_{ef}	U_{med}	U_v	U_{ef}	U_{med}

6. Calculați U_{ef} și U_{med} cu ajutorul formulelor prezentate la redresorul mono-alternanță.

B. REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ CU PRIZĂ MEDIANĂ.

1. Se realizează cu simulatorul schema redresorului dublă-alternanță din **figura 4.11**;

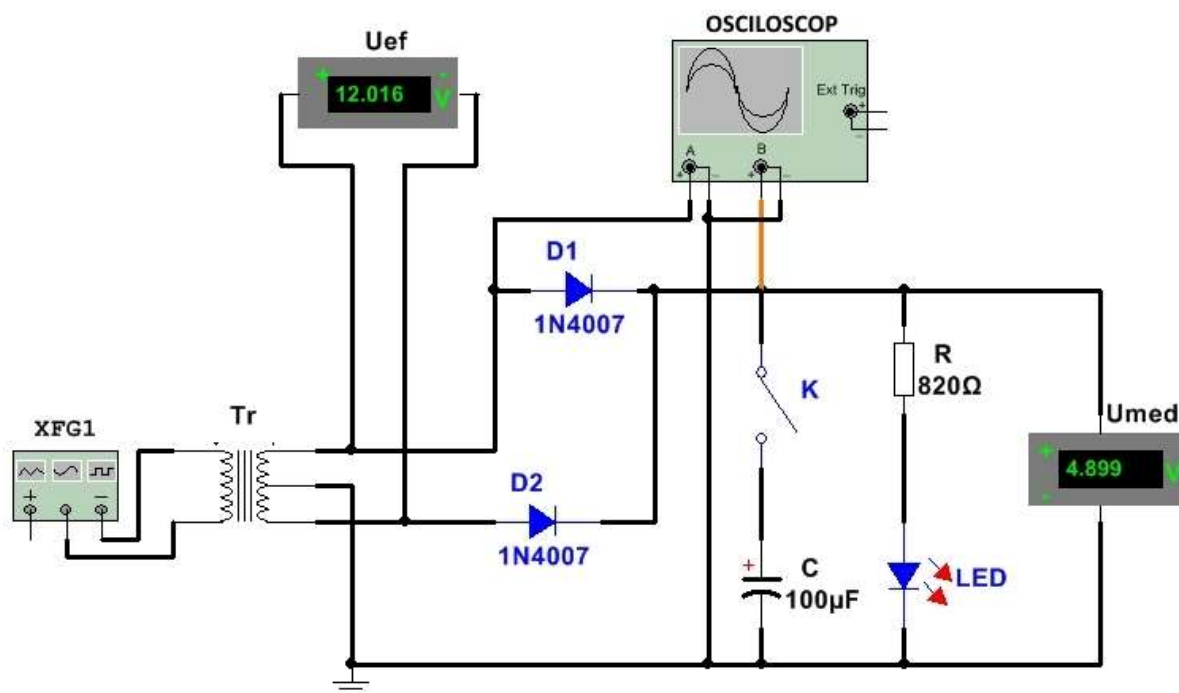


Figura 4.11 Schema redresorului dublă-alternanță realizată cu simulatorul

2. La generatorul de semnal sinusoidal (**XFG1**) se setează:

- frecvența = 50 Hz;
- amplitudinea = 17Vp;

3. Se conectează în circuit osciloscopul, cu canalul A la intrarea în redresor și cu canalul B la ieșirea din redresor;

4. Cu întrerupătorul K în poziția deschis (fără filtru) se simulează funcționarea și se notează în tabelul 4.2 valorile Uef și Umed indicate de voltmetrele din circuit și Uv indicată de osciloscop. Oscilograma este prezentată în **figura 4.12**.

Osciloscopul este reglat la 10 V/div și 10 ms/div;

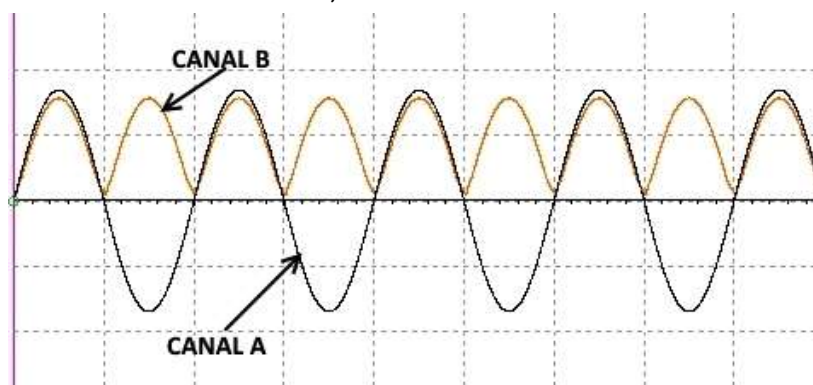


Figura 4.12 Oscilograma redresorului mono-alternanță – fără filtru

5. Cu întrerupătorul K în poziția închis (tensiunea este filtrată) se simulează funcționarea și se notează în tabelul 4.2 valorile U_{ef} și U_{med} indicate de voltmetrele din circuit și U_v indicată de osciloscop. Oscilograma în această situație este prezentată în **figura 4.13**. Osciloscopul este reglat la 10 V/div și 10 ms/div;

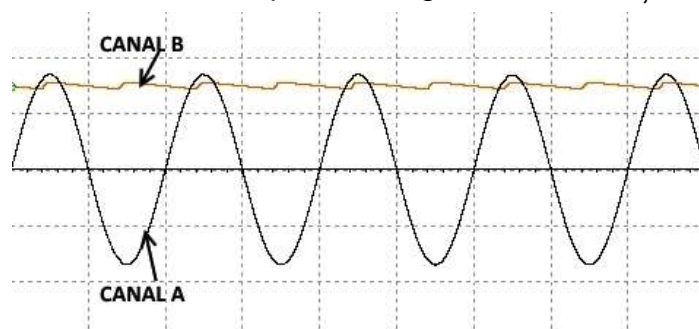


Figura 4.13 Oscilograma redresorului mono-alternanță – cu filtru

TABELUL 4.2

K deschis			K închis		
U_v	U_{ef}	U_{med}	U_v	U_{ef}	U_{med}

6. Calculați U_{ef} și U_{med} cu ajutorul formulelor prezentate la redresorul dublă-alternanță.

C. REDRESORUL DUBLĂ-ALTERNANȚĂ ÎN PUNTE.

Se realizează cu simulatorul schema redresorului în punte din **figura 4.14**, apoi se parcurg etapele care s-au parcurs la lucrarea anterioară.

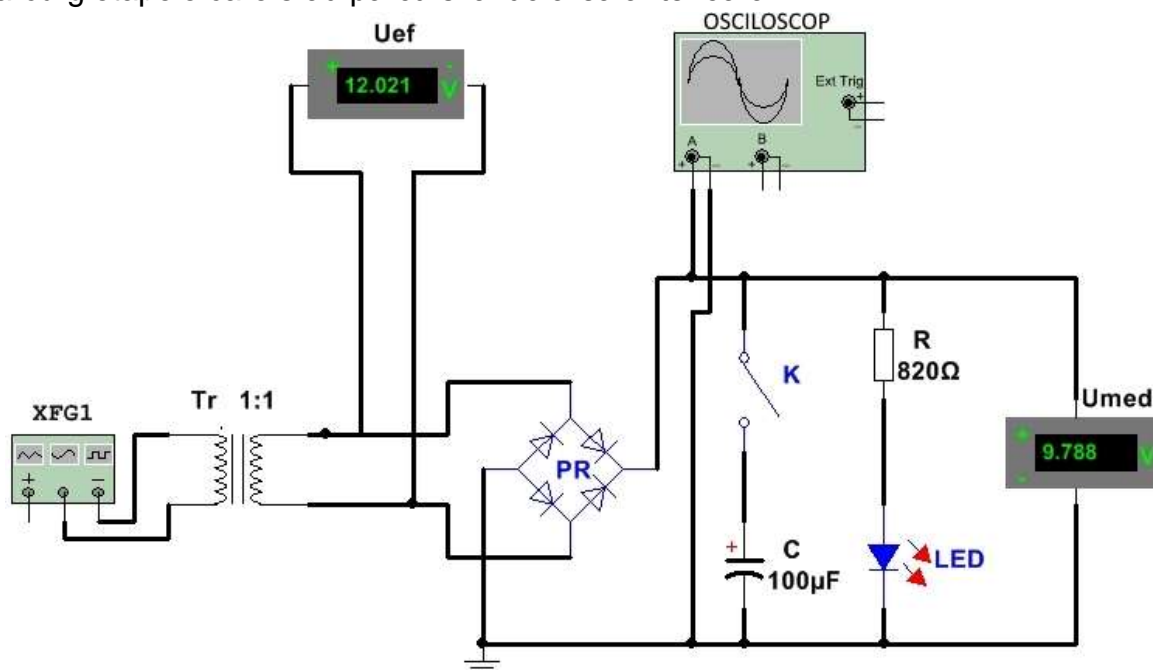


Figura 4.14 Schema redresorului în punte realizată cu simulatorul

SIMULARE CU AJUTORUL CALCULATORULUI

STABILIZATOARE DE TENSIUNE PARAMETRICE

➤ OBIECTIVE:

- Realizarea cu ajutorul programului de simulare a circuitelor de stabilizare cu diodă Zener;
- Măsurarea unor mărimi electrice în diferite puncte a circuitelor de redresare;
- Determinarea parametrilor electrici limită ai unui circuit de stabilizare cu diodă Zener.

➤ RESURSE:

- Calculator;
- Program de simulare scheme electronice.

➤ DESFĂȘURAREA LUCRĂRILOR:

A. Stabilizator de tensiune în raport cu variația tensiunii de intrare.

1. Realizați cu simulatorul schema stabilizatorului din **figura 4.15**;

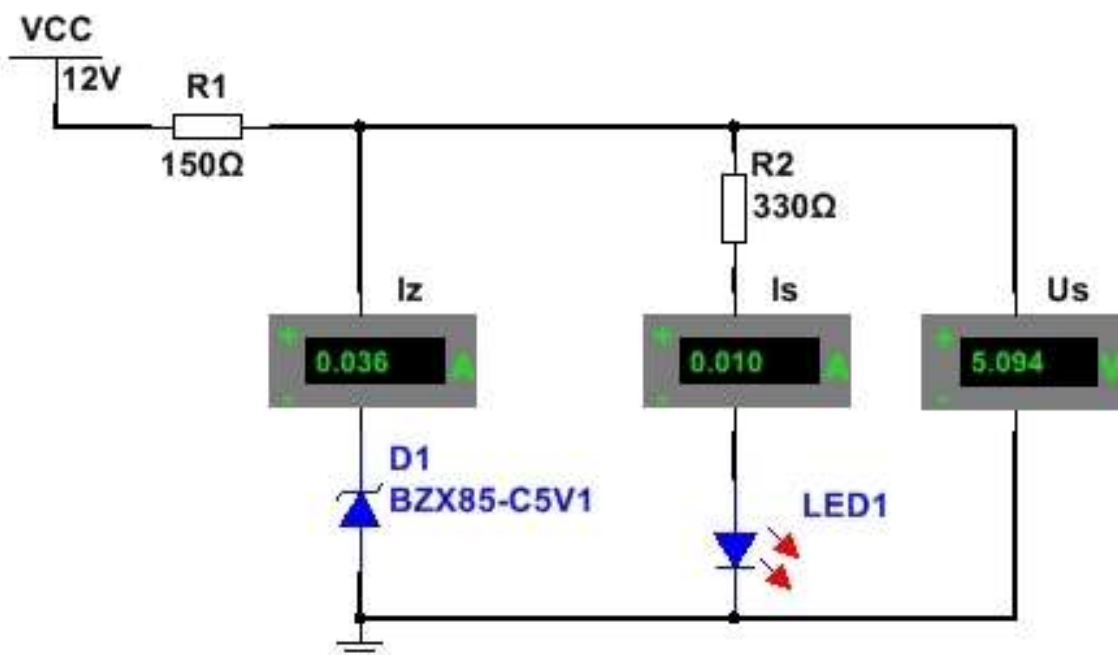


Figura 4.15 Schemă stabilizator parametric realizată cu simulatorul

2. Modificați tensiunea sursei de alimentare la valorile indicate în tabelul 4.3 și în fiecare caz simulați funcționarea circuitului;

3. La fiecare simulare notați în tabel valoarea curentului prin dioda Zener I_z , valoarea curentului de sarcină I_s și valoarea tensiunii pe sarcină U_s ;

TABELUL 4.3

$U_i[V]$	7	10	12	16	20	24	28
$I_z[mA]$							
$I_s[mA]$							
$U_s[V]$							

4. Calculați limita inferioară și superioară a tensiunii de intrare ce poate fi stabilizată cu dioda Zener;

B. Stabilizator de tensiune în raport cu variația curentului de sarcină.

1. Realizați cu simulatorul schema stabilizatorului din figura 4.16;

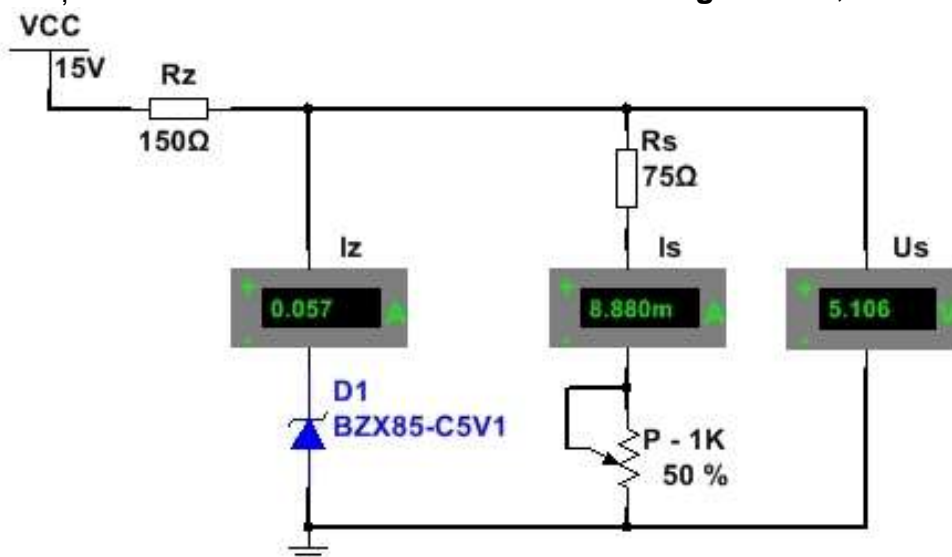


Figura 4.16 Schemă stabilizator cu diodă Zener realizată cu simulatorul

2. Modificați valoare potențimetrului P conform tabelului 4.4 și notați în tabel valoarea curentului prin dioda Zener I_z , valoarea curentului de sarcină I_s și valoarea tensiunii pe sarcină U_s ;

TABELUL 4.4

P[%]	0	1	2	5	10	50	100
$I_z[mA]$							
$I_s[mA]$							
$U_s[V]$							

3. Pentru montajul din figura 4.16 calculați valoare rezistenței de sarcină R_s pentru $I_z = 45 \text{ mA}$.

REZUMATUL CAPITOLULUI

- **Tensiunea de vârf (maximă) - U_v** - reprezintă valoarea tensiunii alternative indicată de un osciloscop. $U_v = U_{ef} \cdot \sqrt{2}$.
- **Tensiunea efectivă - U_{ef}** - reprezintă valoarea tensiunii alternative indicată de un voltmetru de c.a.
- **Tensiunea de vârf din secundar - $U_v(sec)$** - reprezintă valoarea tensiunii indicată de un osciloscop în secundarul transformatorului.
- **Tensiunea de vârf la ieșire - $U_v(out)$** - reprezintă valoarea tensiunii redresate indicată de un osciloscop:
 - pentru redresorul mono-alternanță: $U_v(out) = U_v(sec) - 0,7V$;
 - pentru redresorul cu priză mediană: $U_v(out) = \frac{U_v(sec)}{2} - 0,7V$;
 - pentru redresorul în punte: $U_v(out) = U_v(sec) - 1,4V$.
- **Tensiunea medie redresată - U_{med}** - reprezintă valoarea tensiunii redresate indicată de un voltmetru de c.c:
 - pentru redresorul mono-alternanță: $U_{med} = \frac{U_v(out)}{\pi}$;
 - pentru redresorul cu priză mediană: $U_{med} = 2 \cdot \frac{U_v(out)}{\pi}$;
 - pentru redresorul în punte: $U_{med} = 2 \cdot \frac{U_v(out)}{\pi}$.
- **Rezistența de polarizare** a unei diode Zener - R_Z , se calculează considerând că valoare curentului prin diodă este maxim, cu formula: $R_Z = \frac{U_i - V_{ZT}}{I_{ZM}}$
unde: U_i = tensiunea de intrare, V_{ZT} = tensiunea de stabilizare a diodei Zener, I_{ZM} = curentul maxim suportat de dioda Zener.
- **Valoarea maximă** a tensiunii de intrare ce poate fi stabilizată de dioda Zener se calculează cu formula: $U_{i_{max}} = U_{R_Z} + V_{ZT} = R_Z \cdot I_{ZM} + V_{ZT}$;
- **Valoarea minimă** a tensiunii de intrare ce poate fi stabilizată de dioda Zener se calculează cu formula: $U_{i_{min}} = U_{R_Z} + V_{ZT} = R_Z \cdot I_{ZK} + V_{ZT}$
unde: I_{ZK} = curentul minim la care dioda Zener stabilizează.
- Rezistența de sarcină minimă se calculează pentru un curent de sarcină maxim $I_{S_{max}}$ cu formula: $R_{S_{min}} = \frac{U_{OUT}}{I_{S_{max}}}$ unde: $U_{OUT} = V_{ZT}$

$$I_{S_{max}} = \left(\frac{U_i - V_{ZT}}{R_Z} \right) - I_{ZK} .$$



EVALUAREA CUNOȘTIȚELOR

I Încercuiește varianta de răspuns corectă.

1. La un redresor mono-alternanță tensiunea măsurată cu un voltmetru în secundarul transformatorului este 12 V. Valoarea tensiunii maxime este:
 - a. 16 V;
 - b. 16,9 V;
 - c. 20 V.

2. La un redresor mono-alternanță tensiunea măsurată cu un voltmetru în secundarul transformatorului este 12 V. Valoarea tensiunii redresate indicate de un voltmetru este:
 - a. 5,15 V;
 - b. 5,38 V;
 - c. 11,3 V.

3. La un redresor în punte tensiunea măsurată cu un voltmetru în secundarul transformatorului este 12 V. Valoarea tensiunii redresate indicate de un voltmetru este:
 - a. 9,87 V;
 - b. 10,3 V;
 - c. 10,6 V.

II. În schema din figura 4.17 parametrii diodei Zener sunt: $V_{ZT} = 12V$, $I_{ZK} = 0,5 \text{ mA}$, $I_{ZM} = 76 \text{ mA}$ iar $R_Z = 165 \Omega$. Calculați:

- a. Valoarea maximă a tensiunii de intrare $U_{i_{max}}$ ce poate fi stabilizată.
- b. Valoarea minimă a tensiunii de intrare $U_{i_{min}}$ ce poate fi stabilizată.
- c. Rezistența de sarcină minimă.
- d. Valoarea rezistenței de polarizare R_z în situația în care $I_{ZT} = 20 \text{ mA}$, $U_i = 24 \text{ V}$ și $R_s = 165 \Omega$.

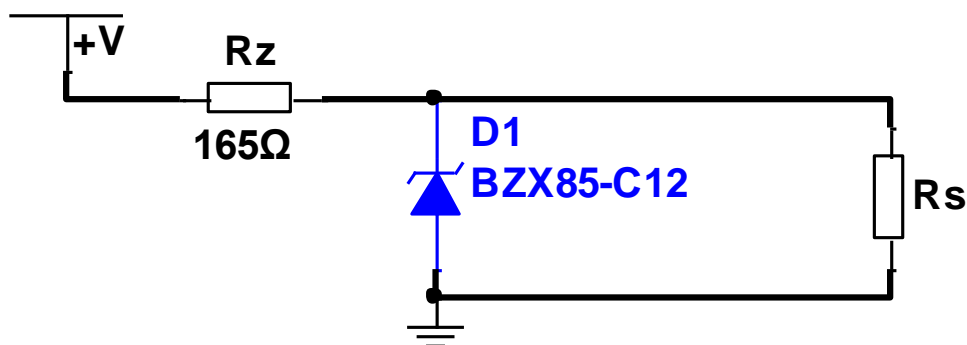


Figura 4.17 Stabilizator de tensiune parametric cu diodă Zener

CAPITOLUL 5. TRANZISTOARE BIPOLARE

5.1. TRANZISTOARE BIPOLARE - GENERALITĂȚI

5.1.1 STRUCTURA ȘI SIMBOLUL TRANZISTORULUI BIPOLAR

Tranzistorul bipolar – este un dispozitiv electronic realizat din material semiconductor, format din trei regiuni (EMITOR, BAZĂ, COLECTOR) separate prin două joncțiuni pn.

În funcție de tipul regiunilor, tranzistoarele bipolare se împart în două categorii:

NPN și PNP

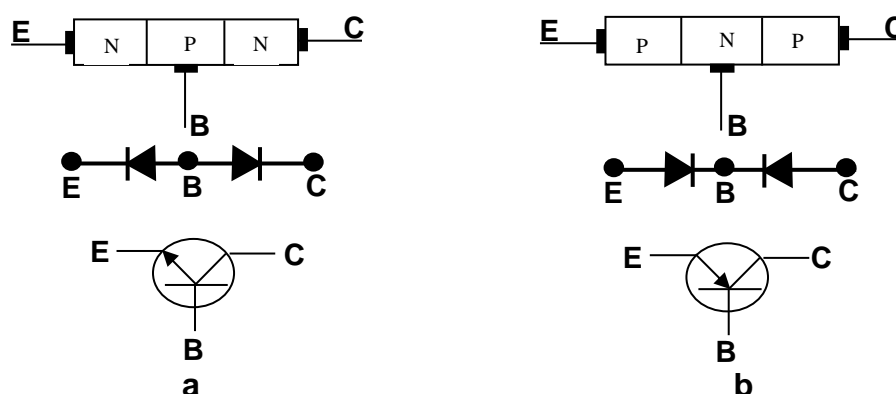


Figura 5.1 Structura și simbolul tranzistorului bipolar

a - tranzistor NPN ; b – tranzistor PNP

Tranzistorul de tip NPN este format din două regiuni N separate de o regiune P.

Tranzistorul de tip PNP este format din două regiuni P separate de o regiune N.

Regiunea bazei este mai subțire și mai slab dopată în comparație cu regiunea emitorului (puternic dopată) și cu regiunea colectorului (dopată moderat).

Între două regiuni învecinate se formează o joncțiune. Între bază și emitor este *joncțiunea bază-emitor*, iar între bază și colector este *joncțiunea bază-colector*.

Fiecare regiune are atașată câte un terminal care se notează cu E(emitor) , B(bază), C(colector).

În structura tranzistorului bipolar, purtătorii de sarcină electrică sunt atât golurile cât și electronii. Deoarece conducția este realizată de două tipuri de purtători, tranzistorul se numește bipolar.

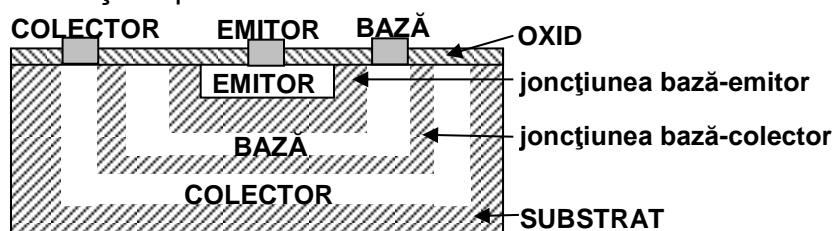


Figura 5.2 Secțiunea de principiu printr-un tranzistor

5.1.2 ÎNCAPSULAREA TRANZISTOARELOR. IDENTIFICAREA TERMINALELOR.

a. Încapsularea tranzistoarelor

Tranzistoarele, în funcție de destinația lor se realizează într-o gamă largă de capsule. Tranzistoarele pot avea capsule din *metal* sau *material plastic*, care au dimensiuni mai mici sau mai mari în funcție de destinația care o au.

În funcție de destinația lor tranzistoarele se împart în 3 mari categorii:

- **tranzistoare de semnal mic** – se utilizează la frecvențe joase (sub 100 kHz) și curenți mici (sub 1 A);

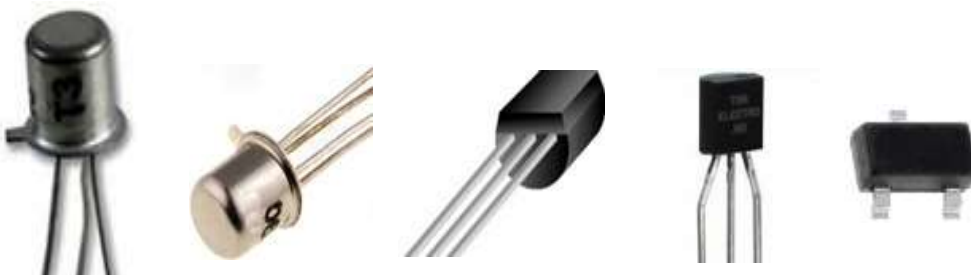


Figura 5.3 Capsule de tranzistoare de semnal mic (uz general)

- **tranzistoare de putere** – se utilizează la curenți mari (peste 1 A);



Figura 5.4 Capsule de tranzistoare de putere

- **tranzistoare de radio-frecvență (RF)** – se utilizează la frecvențe foarte înalte.



Figura 5.5 Capsule de tranzistoare de radio-frecvență

CAPITOLUL 5. TRANZISTOARE BIPOLARE

b. Identificarea terminalelor tranzistoarelor bipolare.

Identificarea terminalelor în funcție de tipul capsulei

- **tranzistoare de uz general în capsulă metalică** – la majoritatea tranzistoarelor din această categorie Emitterul este terminalul de lângă cheiță, Colectorul este în partea opusă iar Baza este la mijloc. Terminalele sunt dispuse sub forma unui triunghi echilateral.

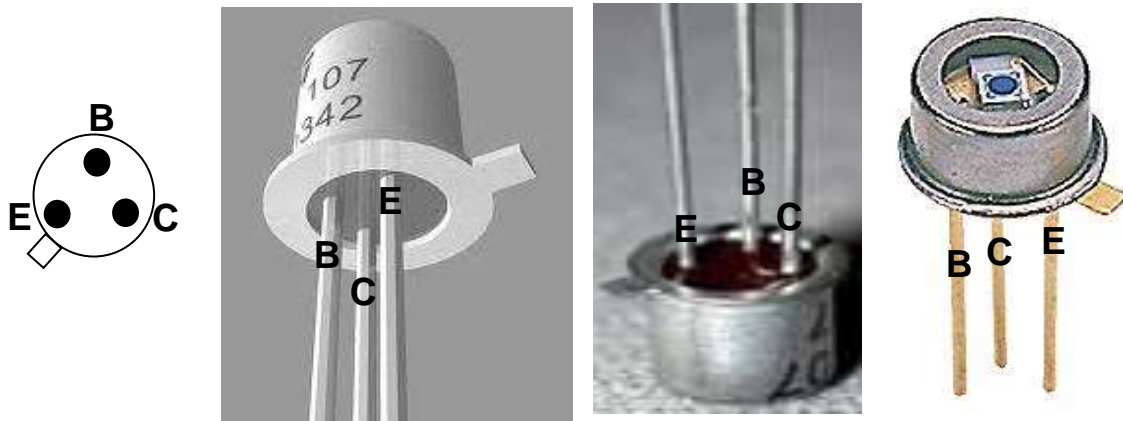


Figura 5.6 Dispunerea terminalelor la tranzistoarele în capsulă metalică

- **tranzistoare de uz general în capsulă din material plastic** – la tranzistoarele din această categorie terminalele sunt dispuse liniar cu baza în mijloc. La majoritatea, terminalele sunt dispuse ca în **figura 5.7**, dar sunt și familii de tranzistoare din această categorie la care Emitterul și Colectorul sunt dispuse invers față de cum sunt prezentate în **figura 5.7**.

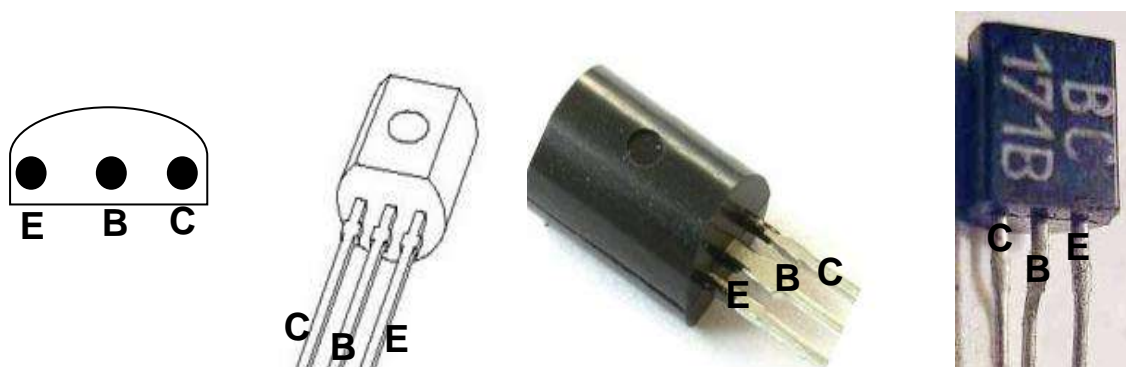


Figura 5.7 Dispunerea terminalelor la tranzistoarele în capsulă din plastic

• **tranzistoare de putere** – la tranzistoarele din această categorie Colectorul este conectat la partea metalică a tranzistorului. La majoritatea tranzistoarelor din această categorie terminalele sunt dispuse liniar iar Colectorul este la mijloc. La tranzistoarele care au numai 2 terminale (vezi 2N3055), Colectorul este corpul metalic al tranzistorului.

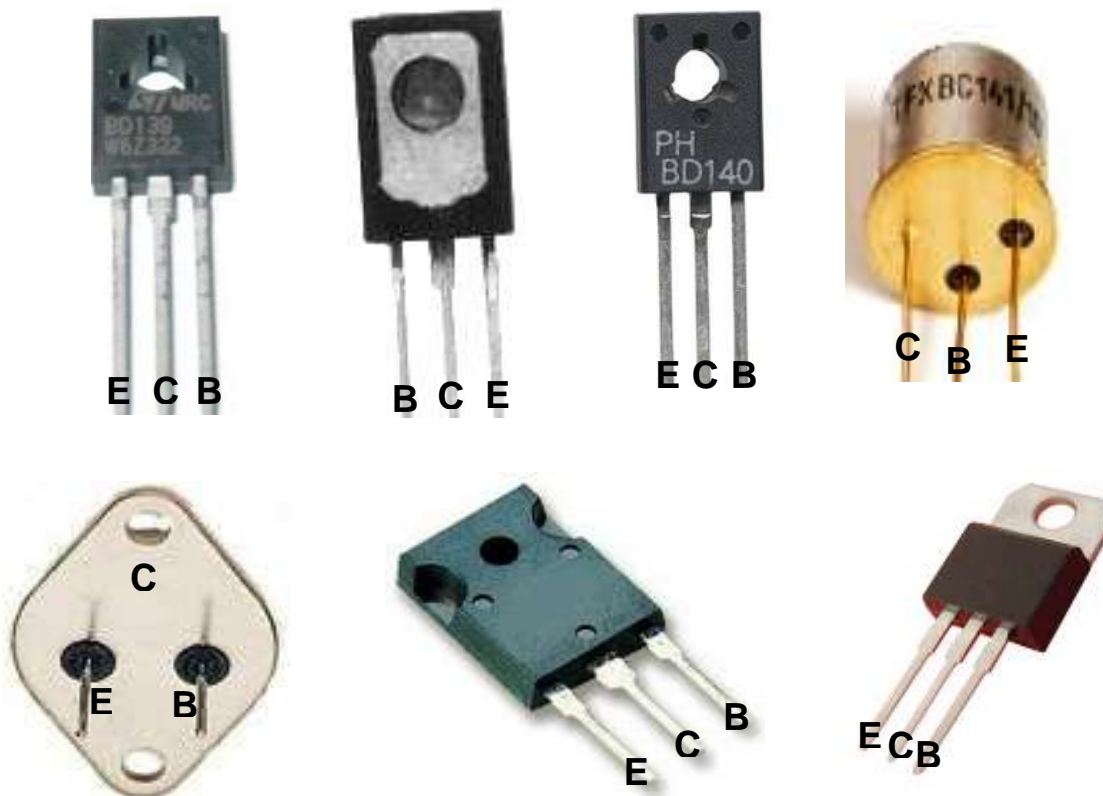


Figura 5.8 Dispunerea terminalelor la tranzistoarele de putere

OBSERVAȚIE IMPORTANTĂ!

La unele familii de tranzistoare terminalele pot fi dispuse altfel decât sunt prezentate în figurile de mai sus chiar dacă capsulele sunt identice. Metoda cea mai sigură de identificare a terminalelor este măsurarea rezistenței electrice între terminalele tranzistorului, metodă ce va fi prezentată în cele ce urmează.



IDENTIFICAREA TERMINALELOR UNUI TRANZISTOR BIPOLAR PRIN MĂSURAREA REZISTENȚEI ELECTRICE A JONȚIUNILOR.

➤ **OBIECTIVE:**

- Verificarea tranzistorului bipolar;
- Identificarea terminalelor tranzistorului bipolar cu multimetru digital.

➤ **RESURSE:**

- Multimetru digital;
- Tranzistoare bipolare **BC 546** și **BC 547**.

➤ **DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:**

Pentru identificarea terminalelor tranzistorului prin această metodă se parcurg 3 etape:

- *în prima etapă se identifică baza tranzistorului:*

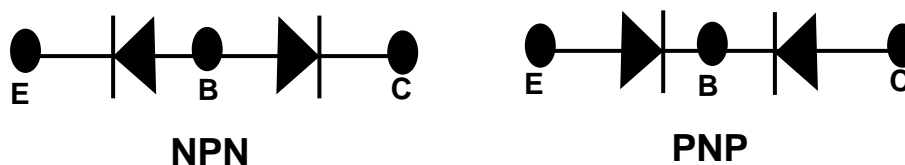


Figura 5.9 Structura tranzistoarele bipolare cu diode

Din structura tranzistoarelor cu diode se observă că rezistențele electrice între bază și celelalte două terminale ale tranzistorului trebuie să fie egale, într-un sens au valoare mică iar în sens opus au valoare foarte mare. Prin cele două sensuri se înțelege modul de plasare a tastelor multimetrului față de terminalele tranzistorului (într-un sens se plasează cu borna plus pe bază iar în celălalt sens se plasează cu borna minus pe bază).

Se fixează comutatorul unui multimetru digital pe poziția Ω (pentru măsurarea rezistenței electrice).

Se plasează o tastă a multimetrului pe unul din terminalele tranzistorului iar cu cealaltă tastă se măsoară rezistențele electrice față de celelalte două terminale. Dacă rezistențele electrice sunt aproximativ egale (într-un sens rezistențe mici iar în celălalt sens rezistențe foarte mari) tasta multimetrului este plasată pe baza tranzistorului.



Figura 5.10 Identificarea BAZEI tranzistorului bipolar

- *în a doua etapă se identifică tipul tranzistorului:*

Se plasează o tastă a multimetrului pe bază și cealaltă tastă pe unul din celelalte două terminale ale tranzistorului în sensul în care multimetrul indică rezistență mică.

Dacă pe BAZĂ este tasta COM (MINUS) tranzistorul este de tip PNP

Dacă pe BAZĂ este tasta PLUS tranzistorul este de tip NPN

Deoarece BAZA este în mijloc, se pune în mijloc litera corespunzătoare polarității care este pe bază (N pentru MINUS și P pentru PLUS) iar pe margini literele corespunzătoare celeilalte polarități (doi de P sau doi de N) și astfel se obține PNP sau NPN.

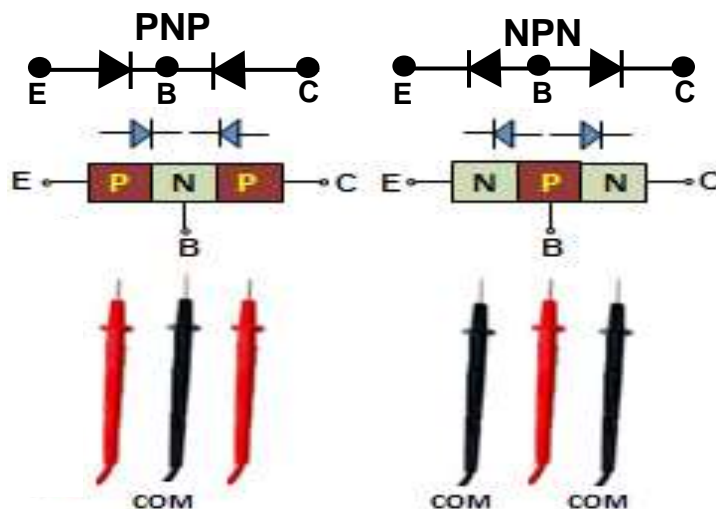


Figura 5.11 Identificarea tipului de tranzistor (PNP sau NPN)

- **în a treia etapă se identifică Emitorul și Colectorul:**

Rezistența electrică dintre Bază și Emitor este întotdeauna mai MARE decât rezistența electrică dintre Bază și Colector.

Se plasează o tastă a multimetrului pe bază iar cu cealaltă tastă se măsoară și se notează valoarea rezistențelor față de celelalte două terminale. Terminalul față de care rezistența este mai mare va fi Emitorul tranzistorului iar celălalt Colectorul tranzistorului.

Rezistența BAZĂ-EMITOR este mai MARE decât rezistența BAZĂ-COLECTOR.



Figura 5.12 Identificarea EMITORULUI și COLECTORULUI

5.1.3 FUNCȚIONAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR

Un tranzistor bipolar funcționează corect, dacă joncțiunea bază-emitor este polarizată direct cu o tensiune mai mare decât tensiunea de prag, iar joncțiunea bază-colector este polarizată invers cu o tensiune mult mai mare decât tensiunea bază-emitor.

Emitorul este sursa de purtători care determină curentul prin tranzistor, iar colectorul colectează purtătorii ajunși aici. Baza controlează curentul prin tranzistor în funcție de valoarea tensiunii de polarizare a joncțiunii bază-emitor.

Joncțiunea emitor-bază (polarizată direct) injectează un curent de emitor I_E care este colectat în cea mai mare parte de joncțiunea colector-bază (polarizată invers), acest proces definind efectul de tranzistor.

Tranzistorul bipolar transferă curentul din circuitul de intrare de rezistență mică, în circuitul de ieșire de rezistență mare, de unde denumirea TRANSfer rezISTOR \Leftrightarrow TRANZISTOR.

a. Funcționarea tranzistorului NPN.

La acest tip de tranzistor purtătorii majoritari sunt electronii.

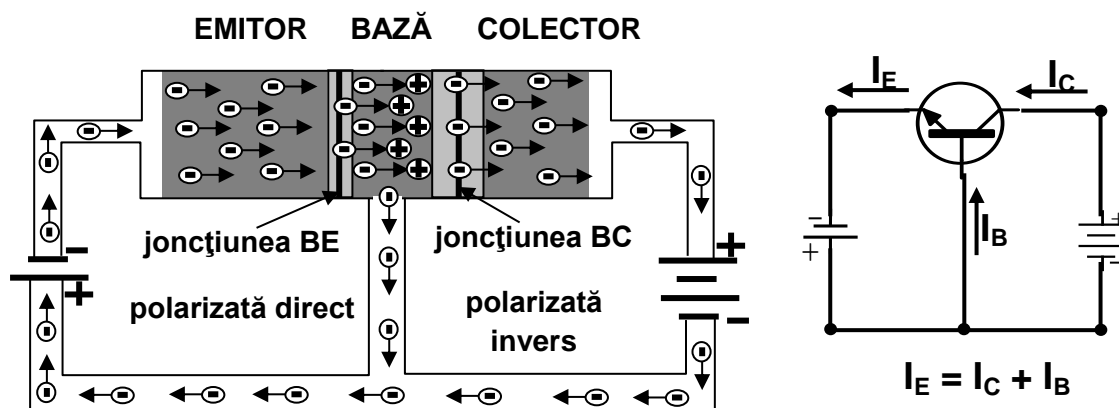


Figura 5.13 Prezentarea funcționării tranzistorului NPN

Regiunea de tip n a emitorului este puternic dopată cu electroni liberi. Regiunea de tip p a bazei este foarte subțire și slab dopată cu goluri. Prin polarizarea directă a joncțiunii BE electronii din regiunea emitorului difuzează cu ușurință prin joncțiunea BE către regiunea bazei. Aici un procent foarte mic de electroni se combina cu golurile din bază și formează curentul de bază. Prin polarizarea inversă a joncțiunii BC majoritatea electronilor difuzează prin joncțiunea BC și sunt atrași către regiunea colectorului de către tensiunea de alimentare a colectorului, formându-se astfel curentul de colector.

b. Funcționarea tranzistorului PNP.

La acest tip de tranzistor purtătorii majoritari sunt golurile.

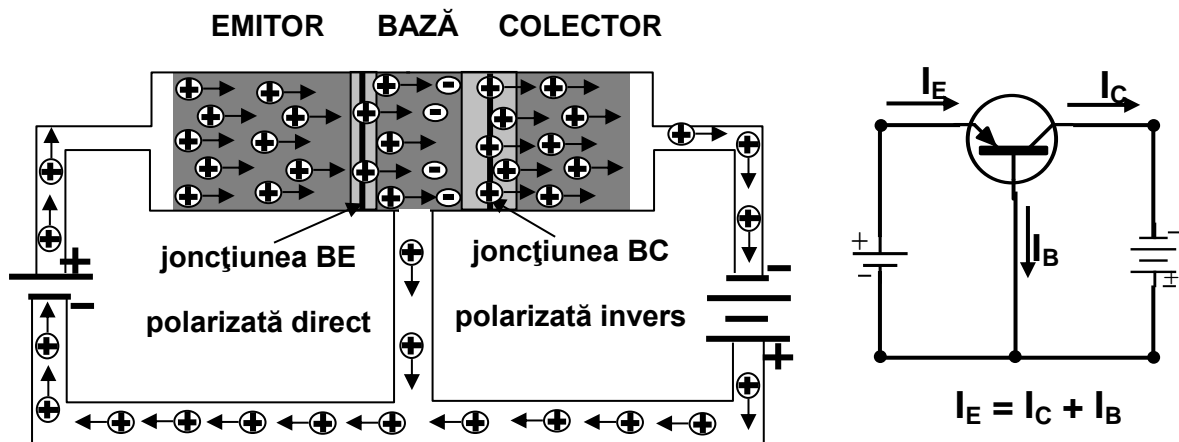


Figura 5.14 Prezentarea funcționării tranzistorului PNP

Regiunea de tip p a emitorului este puternic dopată cu goluri. Regiunea de tip n a bazei este foarte subțire și slab dopată cu electroni. Prin polarizarea directă a joncțiunii BE golurile din regiunea emitorului difuzează cu ușurință prin joncțiunea BE către regiunea bazei. Aici un procent foarte mic de goluri se combina cu electronii din bază și formează curentul de bază. Prin polarizarea inversă a joncțiunii BC majoritatea golurilor difuzează prin joncțiunea BC și sunt atrași către regiunea colectorului de către tensiunea de alimentare a colectorului, formându-se astfel curentul de colector.