

Universitatea Politehnica din București
Facultatea de Electronică Telecomunicații și Tehnologia Informației

DISPOZITIVE ELECTRONICE

ÎNDRUMAR DE LABORATOR

București-2009

LUCRAREA I-Diode Semiconductoare

CUPRINS

CAP. I01: PREZENTAREA SEMICONDUCTORILOR

CAP. I02: JONCTIUNEA P-N

CAP. I03: CARACTERISTICILE DIODELOR

CAP. I04: DIODA ZENER; STABILIZATOR DE TENSIUNE CU DIODĂ ZENER

CAP. I05: REDRESOARE MONO ȘI DUBLĂ ALTERNANȚĂ

CAP. I06: FILTRE ÎN CIRCUITE DE REDRESARE

CAP. I07: DUBLOARELE DE TENSIUNE

INSTRUCȚIUNI DE UTILIZARE

- ❑ Pentru utilizarea modului MCM3-EV citiți și mențineți la îndemână acest manual.
- ❑ La dezambalarea modului sau la începerea lucrării puneți toate accesoriile în ordine pentru a nu le pierde și verificați integritatea acestuia. Faceți un control vizual pentru a vă asigura ca nu sunt stricăciuni vizibile.
- ❑ Înainte de conectarea modului la tensiunea de alimentare de +/-12V, verificați că puterea estimată corespunde cu puterea sursei de alimentare.
- ❑ Înainte de alimentarea modului verificați dacă cablurile de alimentare sunt corect conectate la sursa de alimentare.
- ❑ Acest modul trebuie utilizat numai conform scopului pentru care a fost conceput respectiv pentru educație și trebuie utilizat numai sub directă supervizare a personalului specializat.
- ❑ Orice altă utilizare nu este corectă și astfel periculoasă. Utilizarea improprie, proastă sau nerațională a modului poate conduce la stricăciuni iremediabile.

CAPITOLUL I01: **PREZENTAREA SEMICONDUCTORILOR**

I01.1 OBIECTIVE

- Structura cristalină a semiconductorilor
- Conducția în semiconductori

I01.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, Unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul poate lucra în mod independent. *La utilizarea unității de management extern cele 4 comutatoarele trebuie să fie pe poziția închis iar cele 8 comutatoare trebuie să fie pe poziția deschis.*
- Modulul MCM3/EV
- Multimetru
- Osciloscop

I01.3 ASPECTE TEORETICE

3.1 Semiconductoare solide cristaline

Un semiconductor este un solid cu structură cristalină tridimensională regulată. Acesta este obținut prin repetarea unei celule sau a unui cristal elementar. Atomii celulelor sunt conectați prin legături covalente. Configurația este stabilă și atomii schimbă continuu electronii de pe orbitele lor externe, respectiv electronii de valență. Elementele din tabelul periodic sunt grupate în funcție de numărul atomilor de valență, conform porțiunii prezentate în tabelul I01.1.

Tabelul I01.1

III	IV	V
B	C	
Al	Si	P
Ga	Ge	As

Siliciul (Si) și germaniul (Ge) sunt semiconductoare simple. Galiu-Arsen (GaAs) este semiconductor compus situat în grupa III-IV.

Figura I01.1-(a) prezintă atomii de siliciu care nu interacționează și au 4 electroni de valență figurați cu liniile ce ies din atom. Când atomii de siliciu vin în proximitate electronii de valență interacționează formând o structură cristalină de formă tetraedală în care fiecare atom are 4 vecini ca în fig. I01.1-(b). Electronii de valență sunt împărțiți între atomi formând legăturile covalente, reprezentate bidimensional în fig. I01.1-(c).

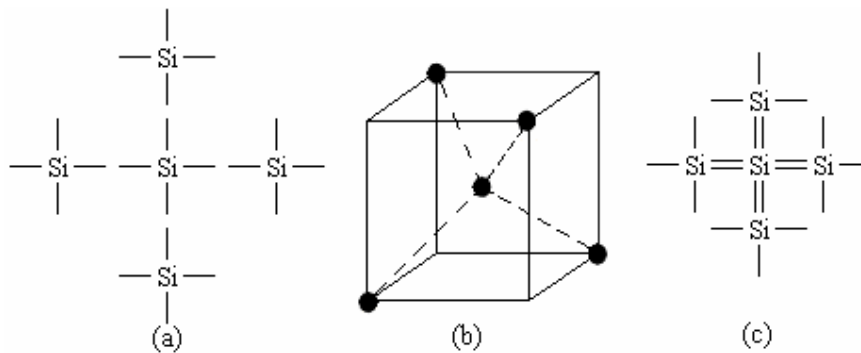


Fig. I01.1 Atomii de siliciu în celula cristalină.

Conductivitatea semiconductorilor depinde de temperatură. Astfel la creșterea temperaturii unele legături covalente se rup și ca urmare un anumit număr de electroni devin liberi să se miște sub acțiunea câmpului electric.

Semiconductorii tind să se comporte ca izolatorii la temperatură mică și ca niște conductori la temperatură înaltă. La temperatura camerei conductivitatea lor este situată între cea a izolatorilor și cea a conductorilor, de unde vine și denumirea lor.

3.2 Indicii Miller

Toate planele celulei și direcțiile celulei sunt modelate printr-o descriere matematică cunoscută ca Indicele Miller. Acesta permite specificarea, investigarea și discutarea planurilor și direcțiilor specifice ale unui cristal. În sistemul de celulă cubică, direcția $[hkl]$ definește un vector direcție normală la suprafața unui plan sau fațetă specifică.

Cristalul este o structură periodică astfel că există familii echivalente de direcții și plane. Notațiile permit distincția între o anumită direcție sau plan și a familiile acestora:

- Parantezele drepte $[]$ identifică o anumită direcție (de exemplu, $[1,0, -1]$)
- Semnele $\langle \rangle$ identifică o familie de direcții echivalente (adică $\langle 110 \rangle$)
- Parantezele rotunde $()$ identifică un anumit plan (de exemplu, (113))
- Acoladele $\{ \}$ identifică o familie de plane echivalente (de exemplu, $\{311\}$)

O bară deasupra indicelui, este echivalentă cu semnul minus.

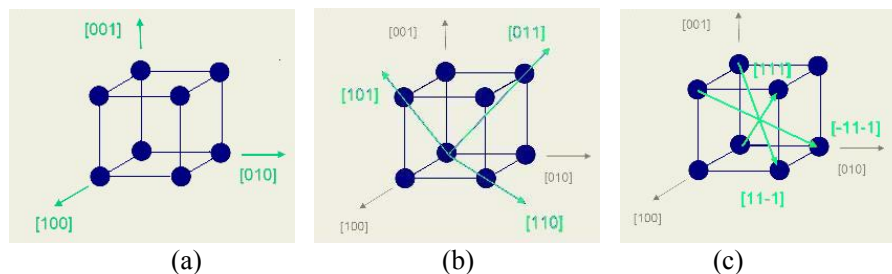


Fig. I01.2 Indicii Miller.

În fig. I01.2-(a) sunt prezentate direcțiile de tip $\langle 100 \rangle$, respective direcțiile echivalente: $[100]$, $[010]$, $[001]$.

În fig. I01.2-(b) sunt prezentate direcțiile de tip $\langle 110 \rangle$, respective direcțiile echivalente: $[110]$, $[011]$, $[101]$; $[-1-10]$, $[0-1-1]$, $[-10-1]$; $[-110]$, $[0-11]$, $[-101]$; $[1-10]$, $[01-1]$, $[10-1]$.

În fig. I01.2-(c) sunt prezentate direcțiile de tip $\langle 111 \rangle$, respective direcțiile echivalente: $[111]$, $[-1-1-1]$, $[1-1-1]$, $[11-1]$.

Siliciul și Germaniul au structură de diamant prezentată tridimensional în două reprezentări simetrice în fig. I01.3.

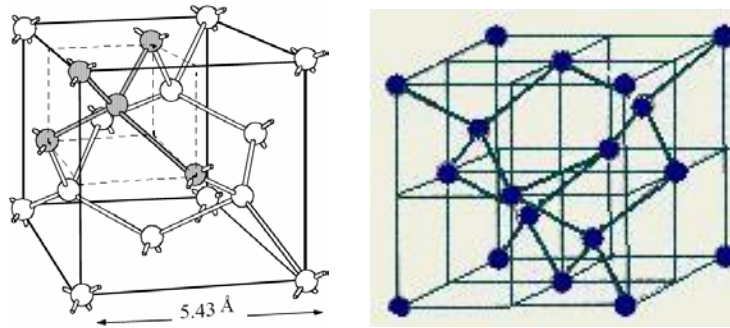


Fig. I01.3 Celula elementară de tip diamant.

Familia de planuri echivalente ale structurii de diamant este prezentată tridimensional în fig. I01.4.

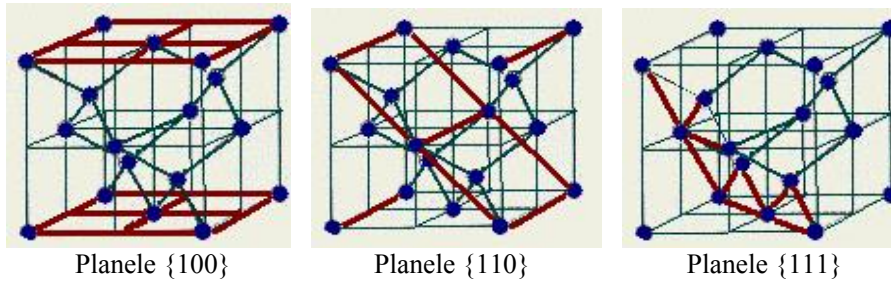


Fig. I01.4 Familiile de plane echivalente ale structurii de diamant.

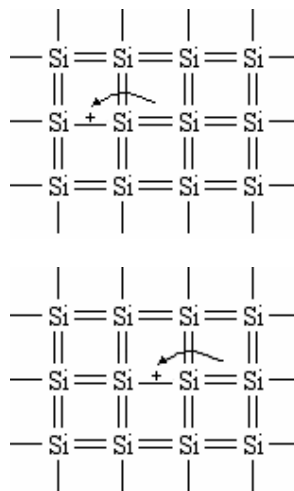
3.3 Mecanismul de conducție

În absența forțelor electrice aplicate la un semiconductor mișcarea totală a electronilor datorită agitației termice este zero, deoarece nu sunt direcții preferate de mișcare. În acest caz electronii se mișcă în jurul unei poziții stabile și nu creează un curent electric, care necesită un flux general al sarcinii electrice.

În cazul în care o diferență de potențial este aplicată pe material, electronii slab legați pot părăsi atomul și muta spre terminalul pozitiv. În cazul în care un electron e separat de atom, și este liber, produce un deficit de sarcină negativă, care se numește "gol". Un gol constituie un purtător de sarcină pozitivă, comparabil cu un electron liber. Ambii purtători contribuie la conducția electrică în semiconductori.

Mecanismul de conducere poate fi descris, considerând că un gol poate fi ușor completat de un electron de valență de la un atom din apropiere. Când se produce aceasta, electronul care umple golul lasă un alt deficit în spatele, adică un alt gol. Deplasarea golului, în direcție opusă cu cea a electronilor, poate fi reprezentată ca mișcarea sarcini pozitive.

Curentul electric prin semiconductor este astfel egal cu suma golurilor pozitive și a electronilor negativi care se mișcă printr-o secțiune pe secundă. Acest proces este reprezentat în fig. I01.5.



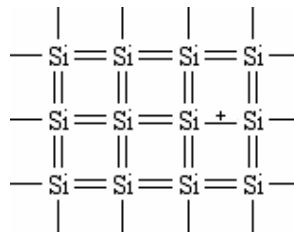


Fig. I01.5 Deplasarea sarcinii pozitive.

3.4 Semiconductori dopați

Deoarece conductivitatea semiconducătorilor puri este foarte mică la temperatura camerei, pentru creșterea acesteia este necesară introducerea unor impurități în cristal. Impuritățile sunt în general de două feluri.

Impurități de atomi din grupa V a tabelului periodic al elementelor, precum fosforul P, arseniul As sau stibiul Sb, care au 5 electroni de valență și pot astfel crea în rețea un electron liber, fapt pentru care sunt denumite *donori*. Semiconducătorii dopați cu aceste tipuri de impurități sunt de tip N (negativ). Excesul de electroni este exemplificat în fig. I01.6.

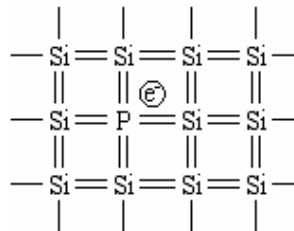


Fig. I01.6 Semiconducător impurificat cu atomi donori.

Impurități de atomi din grupa III a tabelului periodic, precum borul B, galiul Ga sau aluminiul Al, care aduc în rețea atomi care pot capta un electron liber și sunt denumite *acceptori*. Semiconducătorii dopați cu aceste tipuri de impurități sunt de tip P (pozitiv). Excesul de goluri este exemplificat în fig. I01.7.

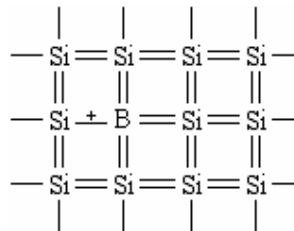


Fig. I01.7 Semiconducător impurificat cu atomi acceptori.

Ambele tipuri de semiconducători dopați sunt neutre electric, atomii adăugați contribuie la purtătorii liberi dar sunt atomi neutri electric.

3.5 Purtători de sarcină majoritari și minoritari

În cazul unui semiconducător dopat la care se aplică un câmp extern, curentul prin acesta este datorat purtătorilor liberi datorăți agitației termice și purtătorilor liberi datorăți impurităților. În primul caz purtătorii sunt furnizați de către atomii cristalului și se numesc purtători minoritari de sarcină. În al doilea caz purtătorii sunt furnizați de către atomii de impurități și se numesc purtători majoritari de sarcină.

101.4 ÎNTREBĂRI ȘI EXERCITII

4.1 Întrebări

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B01

I1. *Conducția unui semiconductor pur este datorată:*

- a) electronilor
- b) golurilor
- c) ionilor pozitivi ai regiunilor N și electronilor
- d) electronilor și golurilor
- e) ionilor pozitivi ai regiunilor P și golurilor

I2. *Un semiconductor pur este un bun conductor când temperatura este:*

- a) foarte mare
- b) foarte joasă
- c) zero absolut
- d) în gama 0-25°K
- e) nu este afectat de temperatură

I3. *Un semiconductor de tip P este obținut prin adăugarea impurităților:*

- a) din grupa V a tabelului periodic al elementelor
- b) din grupa III a tabelului periodic al elementelor
- c) numai stibiu
- d) numai galiu
- e) bor în proporție de 25% și arseniu 75%

I4. *Un semiconductor de tip N este obținut prin adăugarea impurităților:*

- a) din grupa III a tabelului periodic al elementelor
- b) numai fosfor
- c) numai bor
- d) aluminiu și stibiu câte 50%
- e) din grupa V a tabelului periodic al elementelor

I5. *Un semiconductor dopat are o conductivitate mai mare ca a unui semiconductor pur?:*

- a) nu
- b) da, dar numai la temperatura de 0°K
- c) da, dar numai dacă este dopat cu impurități de tip N
- d) da
- e) nici una din cele de mai sus nu sunt corecte

4.2 Exerciții

E1. *Tipăriți macheta desfășurată a monocristalului de Si din fig. I01.8, decupați macheta urmărind contururile exterioare și asamblați macheta prin lipire cu adeziv.*

E2. *Identificați principalele plane și direcții cristalografice.*

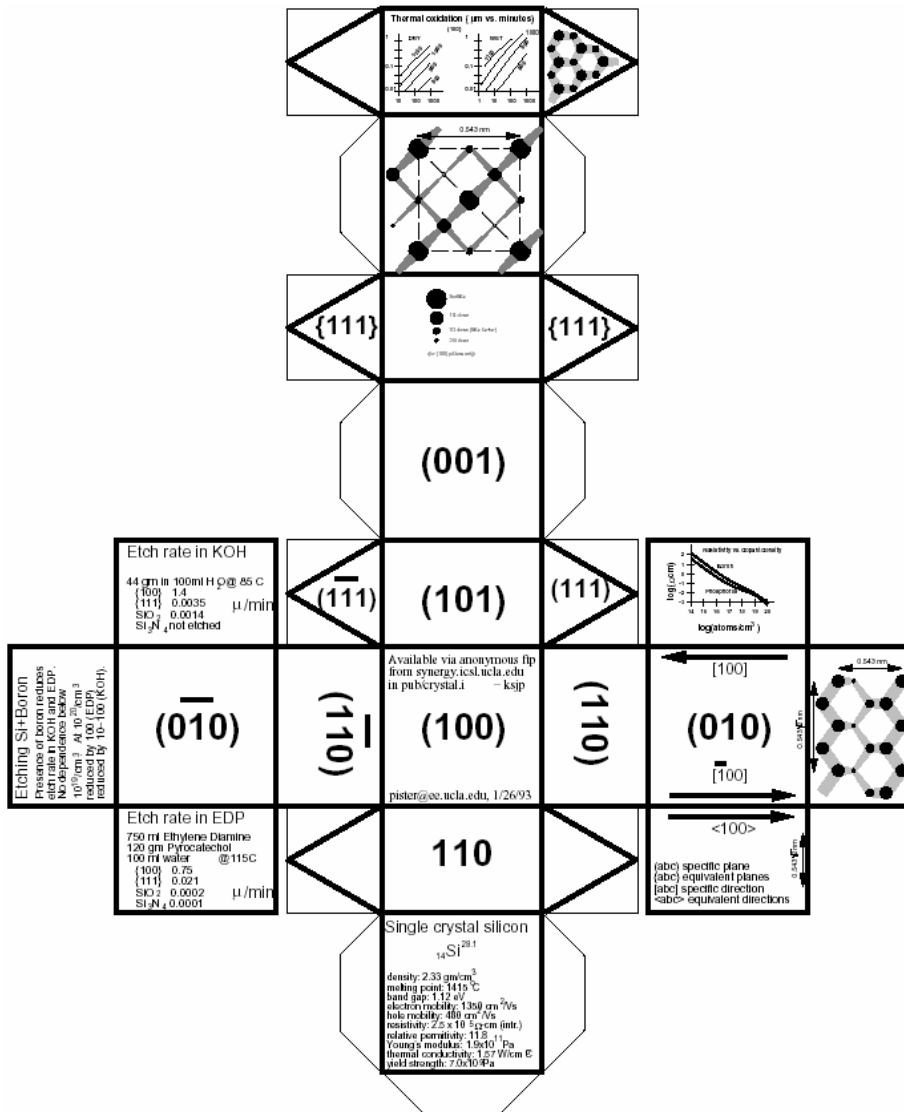


Fig. I01.8 Macheta desfășurată a unui monocristal de Si.

CAPITOLUL I02: JONCȚIUNEA P-N

I02.1 OBIECTIVE

- Înțelegerea funcționării joncțiunii PN

I02.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, Unitate de comandă și control SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul poate lucra în mod independent. *La utilizarea unității de management extern cele 4 comutatoarele trebuie să fie pe poziția închis iar cele 8 comutatoare trebuie să fie pe poziția deschis.*
- Modulul MCM3/EV

I02.3 ASPECTE TEORETICE

3.1 Curenții de difuzie, câmp și barieră

Se consideră două regiuni de semiconductor dopate, una de tip P și alta de tip N, alăturate formând o joncțiune la interfața lor, așa cum este prezentat în fig. I02.1-a.

Datorită prezenței atomilor acceptori având concentrația N_A în regiunea P și a atomilor donori de concentrație N_D în regiunea N, fig. I02.1-b, există o diferență de concentrație în regiunea joncțiunii. Aceasta produce o migrare sau difuzie a electronilor liberi din zona N către zona P și o deplasare similară pentru goluri în direcția opusă, fig. I02.1-a.

Golurile care au traversat joncțiunea se combină cu electronii zonei N și similar electronii care au traversat joncțiunea se combină cu golurile din zona P. Deoarece electronii negativi și golurile pozitive se anulează reciproc în zona din vecinătatea joncțiunii nu sunt purtători liberi de sarcină. Acest fapt creează o zonă izolatoare sau sărăcită de sarcină în jurul joncțiunii, fapt ce se evidențiază în reprezentarea liniară a concentrației de purtători, fig. I02.1-c.

La echilibru datorită migrației sarcinii există o sarcină negativă în zona P și o sarcină pozitivă în zona N cum este prezentat în fig. I02.1-a și evidențiat în reprezentarea logaritmică a concentrațiilor de purtători din fig. I02.1-b.

Aceste zone de sarcini produc un câmp electric E_0 de-a lungul joncțiunii și o barieră de potențial sau diferență internă de potențial Φ_{B0} care se opune și oprește procesul de migrare al purtătorilor liberi, ca în fig. I02.1-a, respectiv fig. I02.1-g. Distribuția densității de volum a sarcinii electrice este prezentată în fig. I02.1-e, iar distribuția câmpului electric E_0 și a potențialului U_0 sunt prezentate în fig. I02.1-f, respectiv fig. I02.1-g.

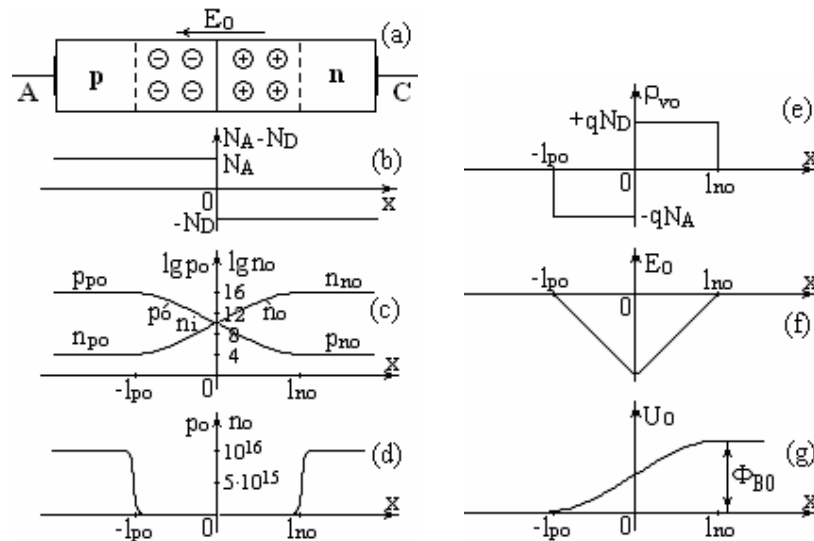


Fig. I02.1 Joncțiunea PN.

Tensiunea produsă cu polaritatea indicată în fig. I02.1-g se opune migrării golurilor de la P la N și a electronilor de la N la P, în timp ce ajută trecerea golurilor de la N la P și a electronilor de la P la N. Sarcinile electrice ale purtătorilor minoritari generați termic, pot traversa liber joncțiunea, creând un curent electric denumit curent de purtători minoritari sau curent de câmp. În circuit deschis curenții de difuziune și cei de câmp sunt în echilibru perfect astfel încât curentul total prin joncțiune este zero.

3.2 Polarizarea directă a joncțiunii PN

Zona P a unei joncțiuni PN este denumită *anod* și este notată cu A, iar zona N *catod* și este notată cu C, fig. I02.1-a. Dacă joncțiunea este polarizată direct, prin aplicarea unei tensiuni externe cu minusul pe catod și plusul pe anod, tensiunea de barieră sau diferența internă de potențial este redusă, la fel ca și dimensiunea zonei de sarcină spațială. Prin creșterea tensiunii externe aplicate la un moment dat aceasta anulează diferența internă de potențial și apare conducția prin dispozitiv. Din punctul de vedere al caracteristicilor IV diferența internă de potențial corespunzătoare câmpului electric intern E_0 se numește tensiunea de deschidere a diodei sau tensiune de prag V_p , fig. I02.2.

Deschiderea diodei permite electronilor din zona N să se deplaseze către plusul tensiunii externe aplicate (bateriei) și a golurilor din zona P către minus, rezultând un curent prin joncțiune pe direcția P→N a cărui valoare crește la creșterea tensiunii externe aplicate pe joncțiune, fig. I02.2.

3.3 Polarizarea inversă a joncțiunii PN

La inversarea polarității tensiunii externe aplicată joncțiunii, tensiunea de barieră sau diferența internă de potențial crește corelat cu extinderea zonei de sarcină spațială de la joncțiune către terminale. Astfel sarcinile pozitive din zona P și electronii din zona N sunt respinși de către joncțiune și curentul de difuzie este blocat, fig. I02.1-a.

Curentul prin joncțiune rămâne doar curentul dat de purtătorii minoritari de sarcină și este foarte mic. Acesta are direcția de la N→P și este denumit curent invers sau curent rezidual. Este în general independent de tensiunea aplicată și valorile maxime nu depășesc câțiva microamperi pentru germaniu și nanoamperi pentru siliciu, fig. I02.2.

3.4 Efectul de avalanșă și efectul Zener

Când tensiunea inversă de polarizare a joncțiunii atinge valori foarte mari, apare o creștere rapidă a curentului, tensiunea inversă pe joncțiune rămânând aproximativ constantă.

Această comportare este datorată efectului de avalanșă, efectului Zener sau a ambelor efecte.

În efectul de avalanșă, electronii capătă viteze mari datorită tensiunii aplicate. Astfel atomii din cristal loviți de electronii cu viteză mare sunt ionizați și electronii suplimentari sunt eliberați. Aceste sarcini sub acțiunea câmpului pot ioniza alți atomi pornindu-se o reacție în lanț care conduce la creșterea rapidă a curentului.

În efectul Zener, la numite valori ale tensiunii, câmpul electric este puternic rupând anumite legături covalente, producând o mare creștere a purtătorilor minoritari și astfel a curentului invers. Caracteristica tipică a joncțiunii PN prezintă dependența curentului prin diodă I_D în funcție de tensiunea aplicată pe diodă V_D , fig. I02.2 (V_S reprezintă tensiunea de străpungere a joncțiunii în polarizare inversă), iar caracteristica unei diode Zener în fig. I02.3 (V_Z reprezintă tensiunea de străpungere prin efect Zener).

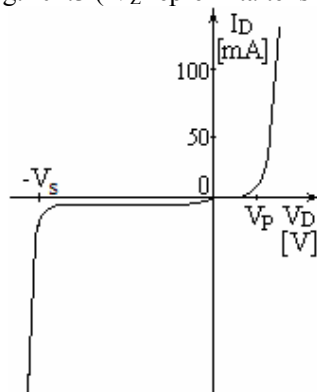


Fig. I02.2 Caracteristica I-V a joncțiunii PN.

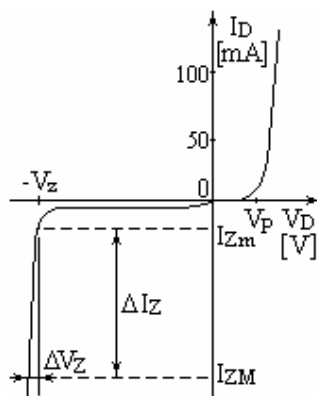


Fig. I02.3 Caracteristica I-V a diodei Zener.

I02.4 ÎNTREBĂRI

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B02

11. Pentru a polariza direct o joncțiune PN trebuie:

- aplicată o tensiune pozitivă pe regiunea P și pusă la masă regiunea N
- aplicată o tensiune negativă pe regiunea N și pusă la masă regiunea P
- aplicată o tensiune pozitivă pe regiunea N și negativă pe regiunea P
- aplicată o tensiune negativă pe regiunea P și negativă pe regiunea N
- nici una din cele de mai sus

12. Pentru a polariza invers o joncțiune PN trebuie:

- aplicată o tensiune pozitivă între regiunea P și regiunea N
- aplicată o tensiune pozitivă pe regiunea P și pusă la masă regiunea N
- aplicată o tensiune pozitivă pe regiunea N și negativă pe regiunea P
- aplicată o tensiune negativă pe regiunea N și pusă la masă regiunea P

e) nici una din cele de mai sus

I3. *Care este cel mai evident efect în polarizarea directă a joncțiunii PN ?:*

- a) curentul este nul
- b) crește exponențial
- c) efectul Zener
- d) efectul de avalanșă
- e) nici una din cele de mai sus

I4. *Care este cel mai evident efect în polarizarea inversă a joncțiunii PN ?:*

- a) curentul este nul
- b) curentul crește exponențial
- c) joncțiunea începe să conducă considerabil după tensiunea de prag de aproximativ 0,6V
- d) curentul este mic la tensiuni mici și medii apoi crește brusc la tensiune aproape constantă
- e) nici una din cele de mai sus

CAPITOLUL I03

CARACTERISTICILE DIODELOR

I03.1 OBIECTIVE

- Măsurarea rezistenței în direct și invers a unei diode
- Măsurarea caracteristicii curent-tensiune I-V
- Desenarea graficului caracteristicii curent-tensiune

I03.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, Unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul poate lucra în mod independent. *La utilizarea unității de management extern cele 4 comutatoarele trebuie să fie pe poziția închis iar cele 8 comutatoare trebuie să fie pe poziția deschis.*
- Modulul MCM3
- Multimetru
- Osciloscop cu sondă

I03.3 ASPECTE TEORETICE

O diodă este un dispozitiv semiconductor constând dintr-o joncțiune PN.

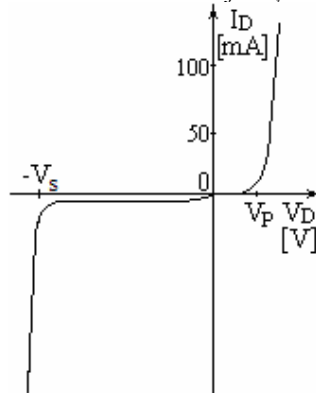


Fig. I03.1 Caracteristica I-V a joncțiunii PN.

Mărimile mai importante prezentate în fig. I03.1 sunt:

- Tensiunea de străpungere V_S , la care apare efectul de avalanșă. La această tensiune apare o creștere rapidă a curentului care nu este limitată de către dispozitiv și poate conduce la distrugerea diodei.
- Tensiunea de prag V_P la care dioda începe să conducă puțin. La polarizări peste această valoare curentul crește rapid conform cu ecuația următoare:

$$I_D = I_0 \cdot \left(e^{\left(\frac{q \cdot V}{n \cdot k \cdot T} \right)} - 1 \right),$$

unde:

I_0 este curentul în polarizare inversă

q este sarcina elementară a electronului $1,63 \cdot 10^{-19}$ C

V este tensiunea anod-catod

n este factorul de exponențialitate și depinde de tipul de semiconductor

K este constanta Boltzmann $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K

T este temperatura semiconductorului în grade Kelvin

Din această relație se observă dependența curentului prin diodă de tensiunea de alimentare și de temperatură. Aceasta este valabil pentru toți semiconductorii și din aceste considerente proprietățile electronice ale acestora sunt măsurate la o temperatură fixă.

Un alt parametru important al unei diode semiconductoră este rezistența diferențială r_d . Aceasta este definită ca raportul dintre o mică variație a tensiunii și variația corespunzătoare a curentului, în jurul punctului static de funcționare.

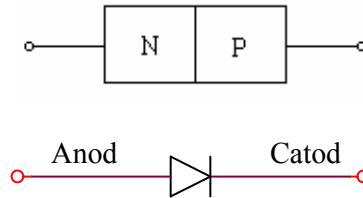


Fig. I03.2 Simbolul și terminalele joncțiunii PN.

O diodă conduce numai când este polarizată direct și foarte puțin la polarizarea inversă. Dacă o diodă este alimentată în alternativ atunci ea va determina trecerea curentului numai o semialternanță în timp ce semialternanța negativă este blocată. Un circuit simplu de redresare cu o diodă este prezentat în fig. I03.3.

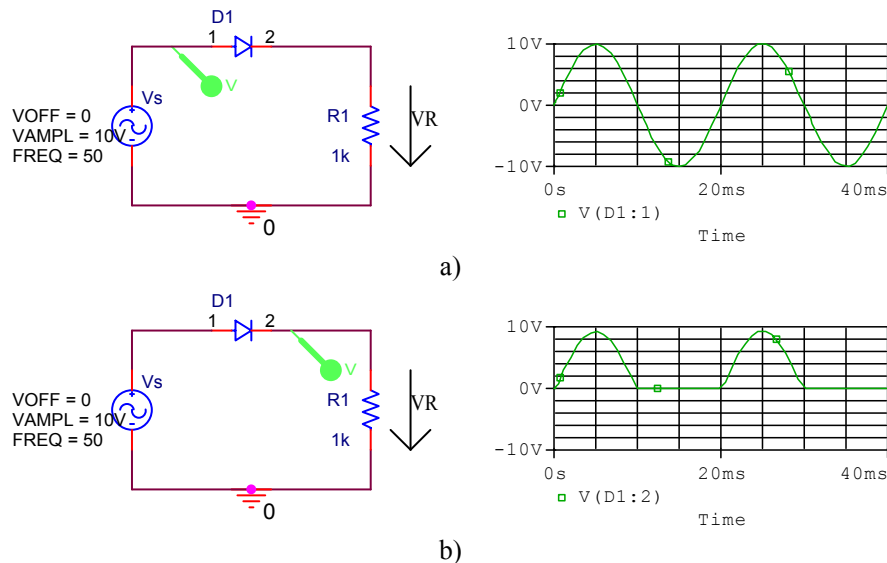


Fig. I03.3 Formele de undă pentru redresarea monoalternanță:
a) tensiunea furnizată de generator ; b) tensiunea redresată

Curentul trece prin circuit pe jumătatea unei perioade și produce o semialternanță pozitivă pe sarcină. Valoarea medie a tensiunii redresate este:

$$V_m = V_M / \pi = 0,314 \cdot V_M$$

Valoarea rms (root means square) a tensiunii este:

$$V_{rms} = V_M / 2$$

I03.4 DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B03

4.1 Măsurarea rezistenței directe și inverse a unei diode

Comutați multimetrul pe poziția “OHM” pentru măsurarea rezistențelor

Măsurați rezistența directă fig. I03.4-a și inversă fig. I03.4-b a diodei realizate pe siliciu D1 și respectiv pe germaniu D2 notând valorile măsurate în tabelul I03.1.

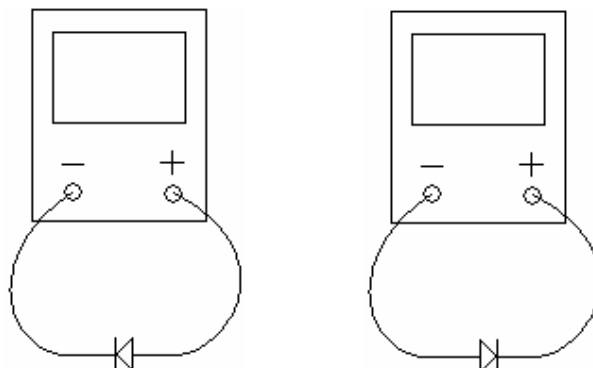


Fig. I03.4 Măsurarea rezistenței directe (stânga) și inverse (dreapta) a diodei.

Tabelul I03.1.

Si		Ge	
Direct	Invers	Direct	Invers

4.2 Regimul static (CC) a curentului diodei în funcție de tensiunea aplicată

Polarizare directă CC

Se pornește de la modulul din stânga-sus al plăcii MCM3, fig. I03.5 și se realizează circuitul din fig. I03.6 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
 - Se configurează circuitul de măsură pe modulul din stânga-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J7
 - Se conectează voltmetrul de CC (V) cu + la 4 și – la 3
 - Se conectează dioda D1 prin montarea șunturilor J8 și J9
 - Se alimentează în CC la +Vcc prin montarea șuntului J5 și la –Vcc prin montarea rezistenței $R_{J2}=150k$ (care este accesoriu- nu se afla pe placa) pe poziția șuntului J2 sau a șuntului J2, conform rezistenței serie precizate în tabelul I03.2
 - Se măsoară tensiunea de alimentare V_{CC} cu ajutorul osciloscopului
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

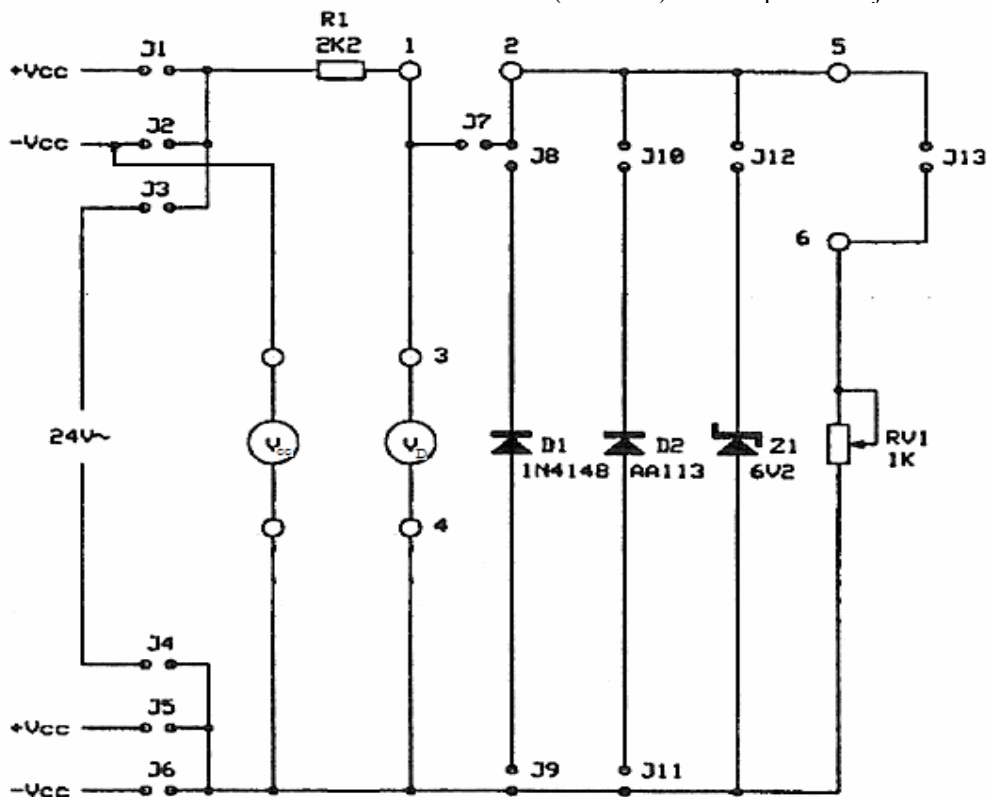


Fig. I03.5 Modulul din stânga-sus al plăcii MCM3.

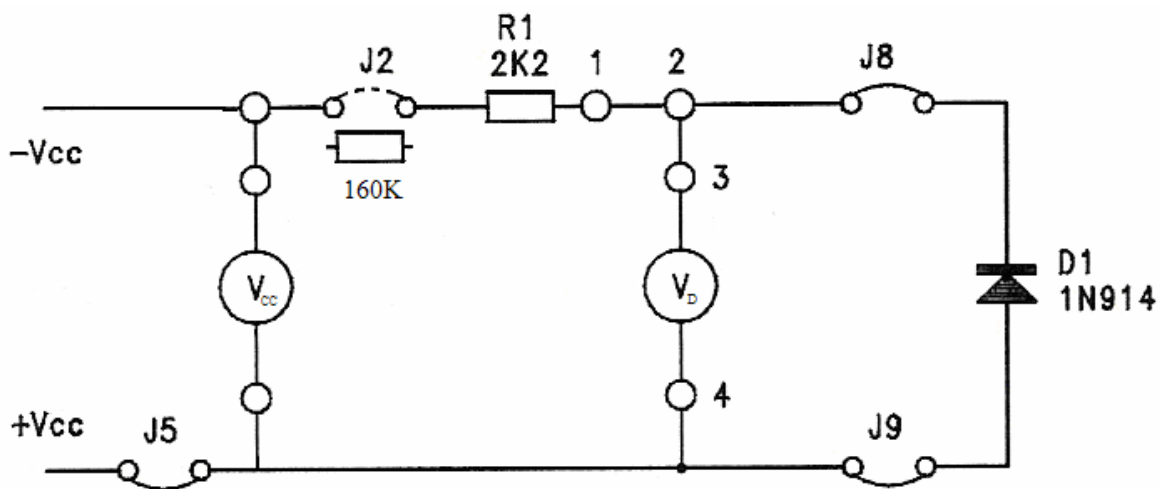


Fig. I03.6 Circuitul de măsură pentru dioda D1.

Creșteți încet tensiunea de alimentare la valorile orientative din tabelul I03.2, măsurați și completați în tabel pentru dioda de siliciu D1: tensiunea de alimentare din tabel V_{cc} , tensiunea pe dioda V_D și calculați curentul prin diodă I_D :

$$I_D = \frac{[+V_{cc} - (-V_{cc})] - V_D}{R_{serie}}$$

Tabelul I03.2.

Dioda	Șunturi	Rezistența serie	Tensiune alimentare +Vcc-(-Vcc) (V)	Tensiunea pe diodă V_D (V)	Curentul prin diodă I_D (mA)
D1-Si	D1: J8, J9	R1=2k2 R _{J2} =160k	4		
			8		
			12		
			16		
	Alimentare: R _{J2} sau J2, J5	R1=2k2	1,5		
			2		
			3		
			12		
D2-Ge	D2: J10, J11	R1=2k2 R _{J2} =160k	4		
			8		
			12		
			16		
	Alimentare: J2, J5	R1=2k2	1,5		
			2		
			3		
			12		
			24		

Scoateți șunturile J8 și J9 și puneți șunturile J10 și J11, înlocuind astfel D1 cu D2. Repetați măsurătorile pentru dioda cu germaniu D2 și completați datele în tabel.

Polarizare inversă CC

Se realizează circuitul de măsură în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din stânga-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J7
 - Se conectează voltmetrul de CC (V) cu + la 3 și – la 4
- Se conectează dioda D1 prin montarea șunturilor J8 și J9
- Se alimentează în CC la -V_{cc} prin montarea șuntului J6 și la +V_{cc} prin montarea rezistenței R_{J1}=160k pe poziția șuntului J1, conform rezistenței serie din tabelul I03.3
- Se măsoară tensiunea de alimentare V_{CC} cu osciloscopul
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă din dreapta montajului

Creșteți încet tensiunea de alimentare la valorile orientative din tabelul I03.3, măsurați și completați în tabel pentru dioda de siliciu D1: tensiunea de alimentare V_{CC} corespunzătoare valorilor din tabel , tensiunea pe dioda V_D și calculați curentul prin diodă I_D.

$$I_D = \frac{[+V_{cc} - (-V_{cc})] - V_D}{R_{serie}}$$

Tabelul I03.3.

Dioda	Șunturi	Rezistența serie	Tensiune alimentare +V _{cc} -(-V _{cc}) (V)	Tensiunea pe diodă V _D (V)	Curentul prin diodă I _D (μA)
D1-Si	D1: J8, J9 Alimentare: R _{J1} , J6	R1=2k2 R _{J1} =150k	5		
			12		
			24		
D2-Ge	D2: J10, J11 Alimentare: R _{J1} , J6	R1=2k2 R _{J1} =150k	5		
			12		
			24		

Scoateți șunturile J8 și J9 și puneți șunturile J10 și J11.

Repețiți măsurătorile pentru dioda cu germaniu D2 și completați datele în tabel.

4.3 Trasarea caracteristicilor de CC tensiune-curent ale diodelor

Cu rezultatele obținute în acest capitol desenați curbele tensiune-curent pentru ambele diode cu germaniu și cu siliciu folosind fig. I03.7.

Curbele obținute pot fi desenate cu linie întreruptă compuse din o porțiune orizontală paralelă cu axa tensiunilor și una verticală paralelă cu axa curenților.

Tensiunea de prag este considerată zona în care porțiunea dreaptă are o curbură și reprezintă tensiunea la care dioda începe să conducă rezonabil de bine.

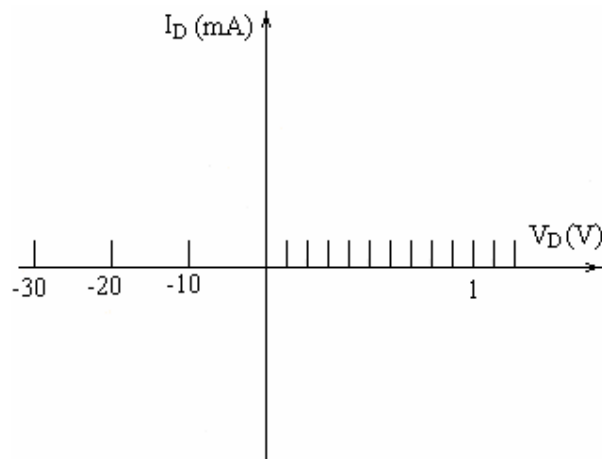


Fig. I03.7 Sistemul de axe pentru caracteristica diodelor.

4.5 Regimul dinamic (de CA) al diodelor

Se realizează circuitul din fig. I03.9 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din stânga-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J7
 - Se conectează voltmetrul de CC (V) cu + la 4 și – la 3
 - RV1 se reglează la valoarea maximă (dreapta)
- Se conectează dioda D1 prin montarea șunturilor J8 și J9
- Se alimentează în CC la +Vcc prin montarea șuntului J5 și la –Vcc prin montarea șuntului J2
- Se alimentează în CA prin conectarea în locul lui J13 a generatorului de semnal sinusoidal cu frecvența de 1KHz în serie cu un condensator de 2μF
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

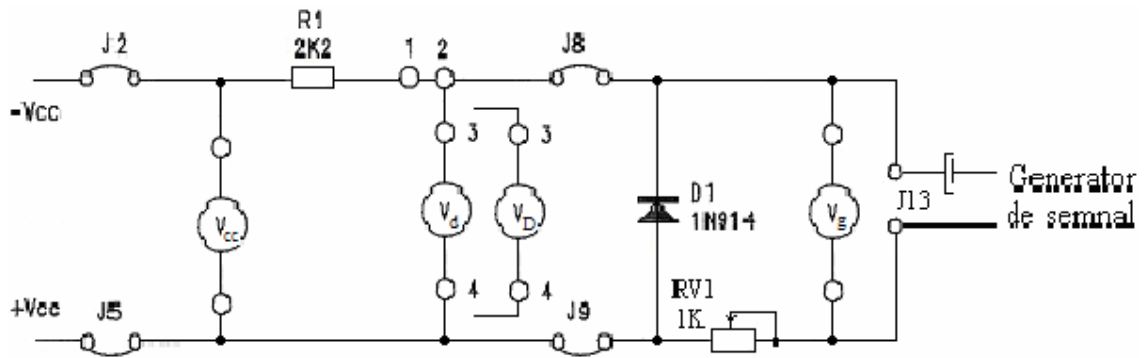


Fig. I03.9 Circuitul de măsură a regimului dinamic al diodelor.

Se reglează tensiunea de alimentare CC la valorile din tabelul I03.4, se măsoară tensiunea CC pe diodă V_D și se completează în tabel.

Se pornește generatorul de semnal sinusoidal și se reglează frecvența la 1KHz iar amplitudinea semnalului de CA pe diodă V_d la 10mV, se măsoară tensiunea CA livrată de generator V_g și se completează în tabel. Rezistența internă se calculează cu relația:

$$R_i = R_{V1} \cdot \frac{V_d}{V_g - V_d}$$

Tabelul I03.4.

Di-oda	Șunt	R serie CC (kΩ)	R serie CA (kΩ)	Tens. CC alimentare +Vcc(-Vcc) (V)	Tens. CC pe diodă V_D (V)	Tens. CA pe diodă V_d (mV)	Tens. CA gen. V_g (V)	R_i (Ω)
D1 -Si	J8, J9	R1= 2k2	RV1 =1k	3		10		
				7		10		
				11		10		
D2 -Ge	J10, J11	R1= 2k2	RV1 =1k	3		10		
				7		10		
				11		10		

I03.5 ÎNTREBĂRI

I1. Care este diferența între diodele cu siliciu și cele cu germaniu?

- a) rezistențele direct și invers ale diodelor sunt zero
- b) rezistența în direct a diodei cu siliciu este mică dar mai mare ca la dioda cu germaniu. Ambele rezistențe inverse sunt mari
- c) rezistențele în direct sunt foarte mari iar cele inverse sunt foarte mici

- d) rezistența în direct a diodei D2 este foarte mare iar cea inversă este mică; dioda D1 are comportare inversă
- e) nici una din cele de mai sus

I2. Cum se comportă dioda la variația tensiunii de alimentare?

- a) în polarizare directă curentul este zero, în polarizare inversă curentul este constant la 100mA
- b) în polarizare directă curentul este foarte mic în timp ce tensiunea atinge valoarea caracteristică a diodei, apoi crește exponențial. În polarizare inversă curentul este extrem de mic și este dificil de măsurat
- c) curentul este tot timpul zero în polarizare directă și inversă
- d) în polarizare directă curentul este constant la 120mA, în polarizare inversă este zero
- e) nici una din cele de mai sus nu descrie comportarea diodei

I3. Care este tensiunea de prag pentru diodele D1 și D2?

- a) 0V pentru D1 și D2
- b) 5V pentru D2 și 7V pentru D1
- c) 0,2-0,3V pentru D2 și 0,5-0,7V pentru D1
- d) 0,5-0,7V pentru D2 și 0,2-0,3V pentru D1
- e) 3V pentru D2 și 0V pentru D1

I4. Care este diferența între semnalele afișate la fig. I03.3?

- a) tensiunea de intrare are amplitudinea dublă față de amplitudinea pe sarcină
- b) tensiunea de intrare are frecvența dublă față de tensiunea pe sarcină
- c) tensiunea de intrare este defazată cu 60° comparativ cu tensiunea pe sarcină
- d) cele două semnale sunt în fază, dar semnalul pe sarcină nu are semialternanța negativă și semnalul de intrare are amplitudinea puțin mai mare
- e) nici una din cele de mai sus

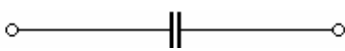


Montați SIS1	Setați comutatorul S23 pe poziția închis
SIS2	Apăsați "INS"

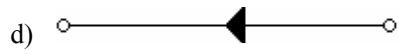
I5 Ce se poate observa referitor la citirea instrumentelor?

- a) rezistența de sarcină a crescut
- b) o diodă în plus a fost introdusă în serie
- c) circuitul a devenit deschis
- d) tensiunea de alimentare s-a dublat
- e) rezistența de sarcină r a fost redusă
- f) un condensator a fost conectat în serie cu sarcina

Montați SIS1	Setați comutatorul S23 pe poziția deschis
---------------------	--

I6 Care este simbolul diodei?

- a) 
- b) 
- c) 



I7 *Caracteristica tensiune-curent a diodei depinde de temperatură și de tipul semiconductorului?*

- a) nu, aceasta depinde numai de temperatură
- b) nu, aceasta depinde numai de tipul semiconductorului
- c) da
- d) nu, aceasta nu depinde de nici una

CAPITOLUL I04

STABILIZATOARE DE TENSIUNE CU DIODE ZENER

I04.1 OBIECTIVE

- Obținerea curbei caracteristici tensiune-curent a diodei Zener
- Utilizarea diodei Zener în serie cu o rezistență ca stabilizator de tensiune și observarea stabilității tensiunii în funcție de variațiile tensiunii de intrare
- Verificarea comportării circuitului în funcție de sarcină

I04.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul MCM3/EV
- Multimetru
- Osciloscop cu sondă

I04.3 ASPECTE TEORETICE

Dioda Zener este proiectată pentru utilizarea în polarizare inversă, în regiunea de străpungere și are simbolul din fig. I07.1.

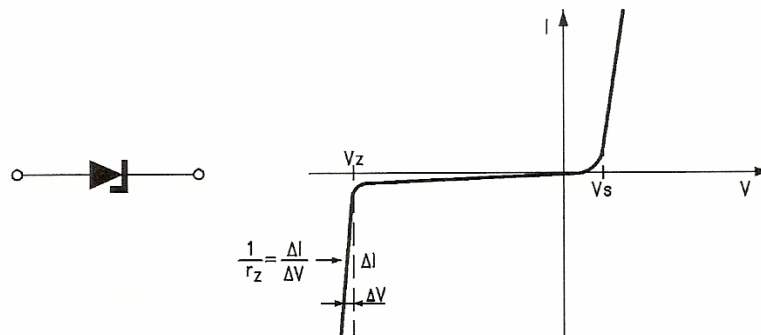


Fig. I04.1 Simbolul și caracteristica curent-tensiune a diodei Zener.

În polarizare directă dioda Zener funcționează ca o diodă normală. În polarizare inversă dioda Zener funcționează tot ca o diodă normală până la tensiunea de străpungere care este uzual denumită tensiune Zener V_Z . La acest punct curentul invers crește rapid, în timp ce tensiunea pe diodă rămâne constantă. Termenul de străpungere nu este foarte potrivit pentru acest tip de diodă deoarece este proiectată (inițial de Zener) să lucreze continuu în această regiune, fără nici o defectare a diodei.

3.1 Rezistența diferențială

La diodele Zener reale în regiunea de străpungere tensiunea nu este chiar constantă ci crește ușor cu creșterea curentului.

Panta este aproape verticală, are unitatea de măsură inversă rezistenței și se numește rezistența diferențială r_Z .

Dioda Zener poate fi reprezentată la polarizarea normală ca o baterie cu tensiunea V_Z în serie cu rezistența r_Z , fig. I07.2, de ordinul a câtorva ohmi.

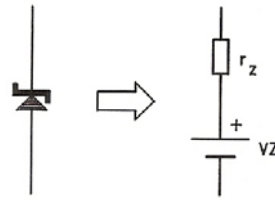


Fig. I07.2 Schema echivalentă de CC a diodei Zener.

3.2 Stabilizarea tensiunii

Circuitul de bază utilizat pentru stabilizarea tensiunii este prezentat în fig. I07.3. Zenerul este polarizat invers în zona de străpungere de tensiunea v_i prin rezistența R . Pentru un Zener ideal tensiunea V_o pe sarcina R_L nu variază și este egală cu tensiunea Zener V_Z .

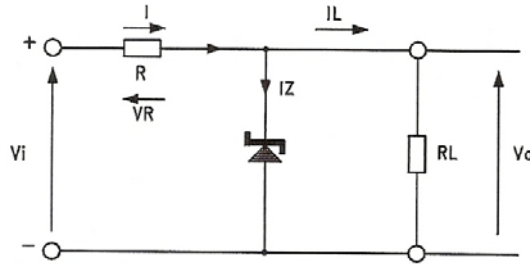


Fig. I04.3 Circuitul stabilizator de bază cu diodă Zener.

Principalele aspecte ale funcționării stabilizatorului sunt:

- dacă curentul de sarcină I_L crește, curentul I_Z prin Zener scade
- dacă I_L scade, curentul I_Z prin Zener crește
- dacă tensiunea de intrare V_i crește, I_Z prin Zener crește
- dacă tensiunea de intrare V_i descrește, I_Z prin Zener descrește

3.3 Stabilitatea tensiunii la schimbarea sarcinii

Considerând ideală dioda Zener din fig. I04.4, tensiunea pe sarcină V_o este constantă și astfel curentul furnizat este constant și egal cu:

$$I = (V_i - V_o)/R$$

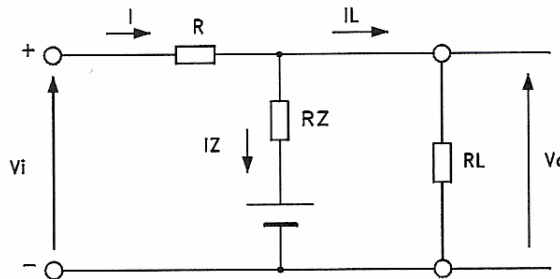


Fig. I04.4 Circuitul stabilizator cu schema echivalentă de CC a diodei Zener.

O schimbare a curentului de sarcină I_L cauzează o schimbare egală dar opusă a curentului prin Zener I_Z (curentul de alimentare fiind constant într-o primă aproximație):

$$\Delta I_L = - \Delta I_Z$$

Pentru un Zener real, modificarea curentului produce o mică schimbare a tensiunii de ieșire datorită efectului lui r_z .

$$\Delta V_o = r_z \cdot \Delta I_Z = - r_z \cdot \Delta I_L$$

3.4 Stabilitatea tensiunii la schimbarea tensiunii de intrare

Considerând în fig. I07.4 un Zener ideal la variația tensiunii de intrare, tensiunea de ieșire V_o este constantă și astfel și curentul I_L prin sarcină.

În realitate o variație a tensiunii de intrare V_i produce o schimbare a curentului de alimentare I , astfel și a lui I_Z :

$$\Delta I = -\Delta V_i / R = \Delta I_Z$$

iar modificarea tensiunii de ieșire este:

$$\Delta V_o = r_Z \cdot \Delta I_Z = r_Z \cdot \Delta V_i / R = r_Z / R \cdot \Delta V_i$$

I04.4 DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B08

La măsurarea tensiunilor cu multimetrul, trebuie scurtcircuitate punctele în care se conecta ampermetrul pentru a asigura continuitatea circuitului și verificat ca multimetrul să fie comutat pe funcția de voltmetru.

Utilizarea multimetrului pe funcția de ampermetru pentru măsurarea tensiunilor poate conduce la deteriorarea multimetrului și a componentelor circuitului în care se face măsurătoarea.

4.1 Măsurarea curentului Zener în funcție de tensiunea de alimentare

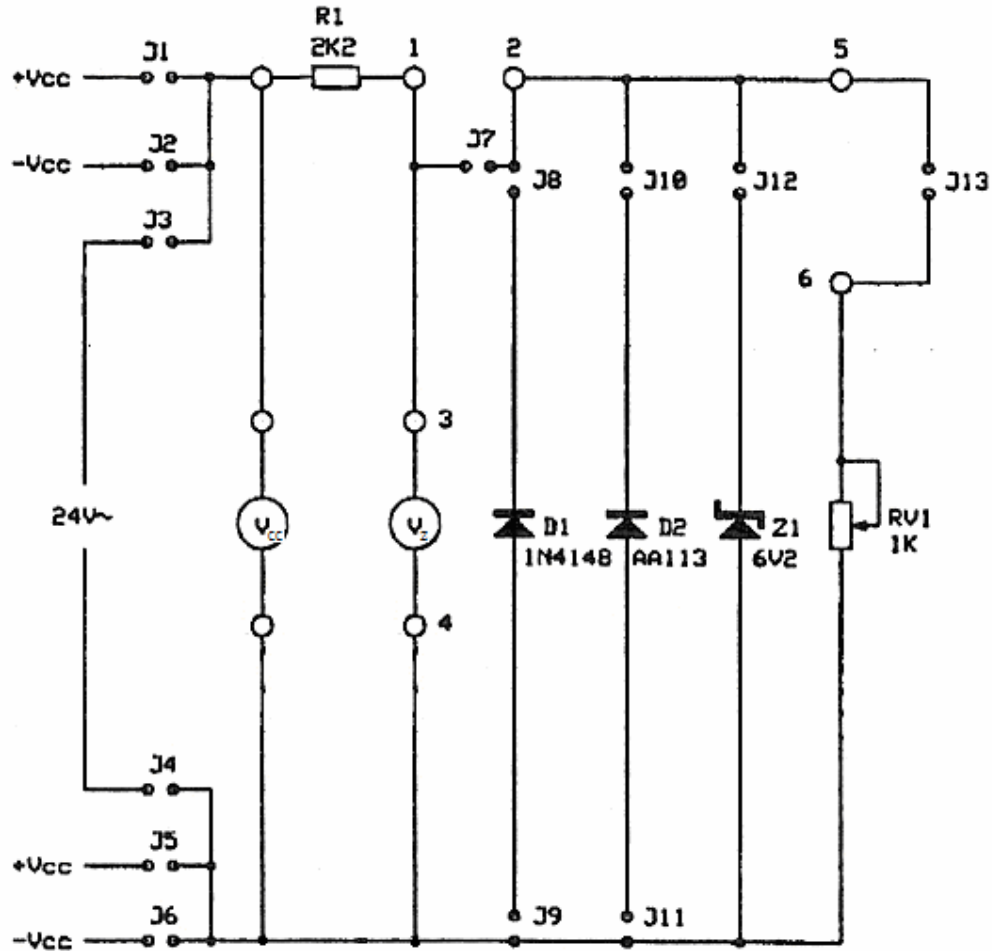


Fig. I04.5 Modulul din stânga-sus al plăcii MCM3.

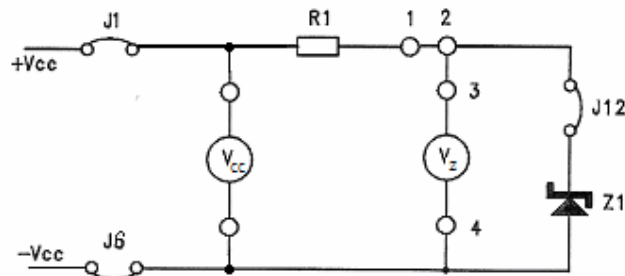


Fig. I04.6 Circuitul pentru determinarea caracteristici I-V a diodei Zener.

Se pornește de la modulul din stânga-sus al plăcii MCM3, fig. I04.5 și se realizează circuitul din fig. I07.6 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din stânga-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J7
 - Se conectează voltmetrul de CC (V) cu + la 4 și – la 3
- Se conectează dioda Z1 prin montarea șuntului J12
- Se alimentează în CC la +Vcc prin montarea șuntului J1 și la –Vcc prin montarea șuntului J6
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

Se reglează tensiunea de alimentare la valorile indicate în tabelul I07.1 și se măsoară tensiunea pe diodă V_Z , iar curentul prin diodă I_Z se calculează astfel:

$$I_Z = \frac{\text{Tensiunea de alimentare} - V_Z}{R_{\text{serie}}} = \frac{(+V_{cc} - (-V_{cc})) - V_Z}{R_1}$$

Tabelul I04.1

Dioda	Șunturi	Rserie CC (KΩ)	Tens. Alimentare +Vcc – (-Vcc) (V)	V_Z (V)	I_Z (mA)
Z1	J1, J6 J12	R1=2k2	5		
			6		
			7		
			8		
			10		
			15		
			24		

II. Care este valoarea tensiunii Zener ?

- a) 10V
- b) 3,5V
- c) 1V
- d) 0,7V
- e) 6,2V
- f) 8,7V

Montați SIS1	Setați comutatorul S2 pe deschis
---------------------	---

4.3 Tensiunea stabilizată cu sarcină variabilă

Se pornește de la modulul din stânga-sus al plăcii MCM3, și se realizează circuitul din fig. I04.8 astfel:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din stânga-sus al montajului:
 - Se conectează voltmetrul de CC (V) pentru măsurarea tensiunii V_Z

- Se conectează rezistența RV1 prin montarea șuntului J13
- Se alimentează în CC la +Vcc prin montarea șuntului J1 și la -Vcc prin montarea șuntului J6
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

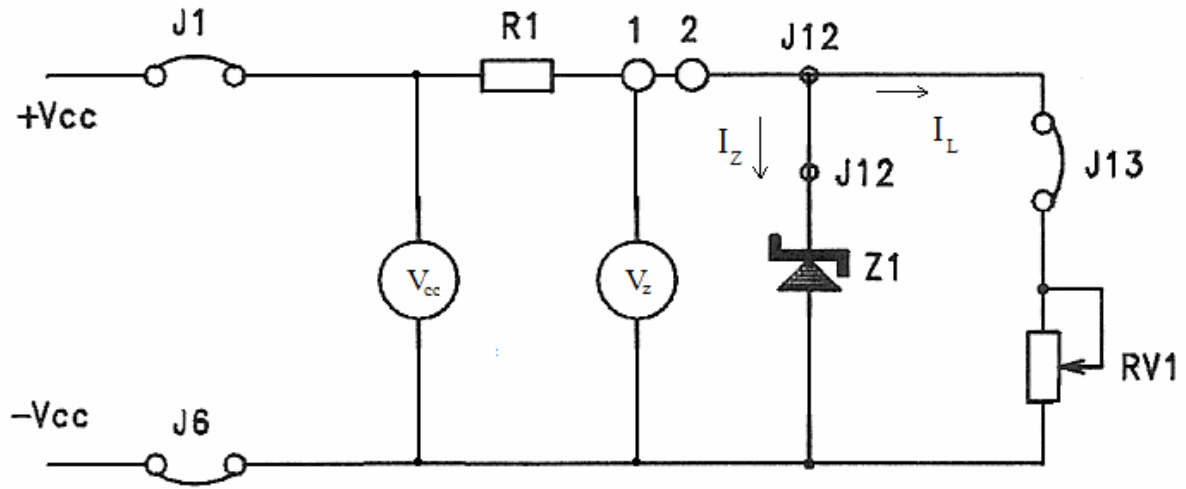


Fig. I04.8 Circuitul pentru analiza stabilizatorului cu diodă Zener.

Se reglează tensiunea de alimentare la aproximativ 30V și se măsoară cu voltmetrul de cc. Se reglează RV1 și se observă că atunci când dioda conduce tensiunea de alimentare este aproximativ $V_Z = 6,2V$. Se reglează RV1 și se observă modificarea tensiunii pe diodă. Se măsoară RV1 cu ohmetrul în momentul când se observă că tensiunea pe diodă începe să scadă sub V_Z . Se calculează I_{Zmin} și I_{Lmax} .

I3. Cum se modifică curenții prin diodă și sarcină ?

- curentul prin sarcină este invers proporțional cu curentul prin diodă (cu dioda în conducție)
 - ambii curenți cresc
 - ambii curenți scad
 - se anulează
 - curentul prin sarcină este direct proporțional cu curentul prin diodă (cu dioda în conducție)
- Reduceți RV1 până tensiunea pe diodă este mai mică ca tensiunea Zener
 - Calculați curentul prin diodă. Se poate vedea că dioda nu conduce ($I_Z = 0$), iar tensiunea nu se stabilizează
 - Reglați RV1 la rezistența maximă, apoi reduceți tensiunea de alimentare până se atinge limita de stabilizare

I4. Care este limita de stabilizare în acest caz ?

- 30V
- 3,5V
- 10V
- 20,5V
- 5V
- 7,5V

I04.5 ÎNTREBĂRI

I5. Ce este tensiunea Zener ?

- a) este tensiunea maximă de CC a diodei
- b) este tensiunea între catod și anod în polarizare inversă
- c) este tensiunea de prag în polarizare directă
- d) este tensiunea inversă care în anumite condiții rămâne constantă pe diodă
- e) este o tensiune fixă pentru toate tipurile de diode

16. Considerând circuitul din fig. 107.3, cu $V_Z=7,5V$, $R=5,6K\Omega$, $R_L=12K\Omega$ și o diodă ideală. Care este tensiunea de intrare minimă care asigură pe sarcină o tensiune egală cu tensiunea Zener ?

- a) 23,57V
- b) 7,5V
- c) 11V
- d) 3,5V
- e) 13,6V
- f) 32V

17. Care este valoarea minimă a lui R care asigură conducția diodei Zener, dacă $R_L=27K\Omega$, $V_i=32V$, $V_Z=16V$?

- a) $27K\Omega$
- b) $54K\Omega$
- c) $13,5K\Omega$
- d) $6,5K\Omega$
- e) $30,6K\Omega$
- f) $1K\Omega$

CAPITOLUL I05

REDRESOARE MONO ȘI DUBLĂ ALTERNANȚĂ

I05.1 OBIECTIVE

- Analiza redresorului mono și dublă alternanță
- Analiza redresorului Graetz (punte)

I05.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul MCM3/EV
- Multimetru
- Osciloscop cu sondă

I05.3 REDRESORUL MONOALTERNANȚĂ

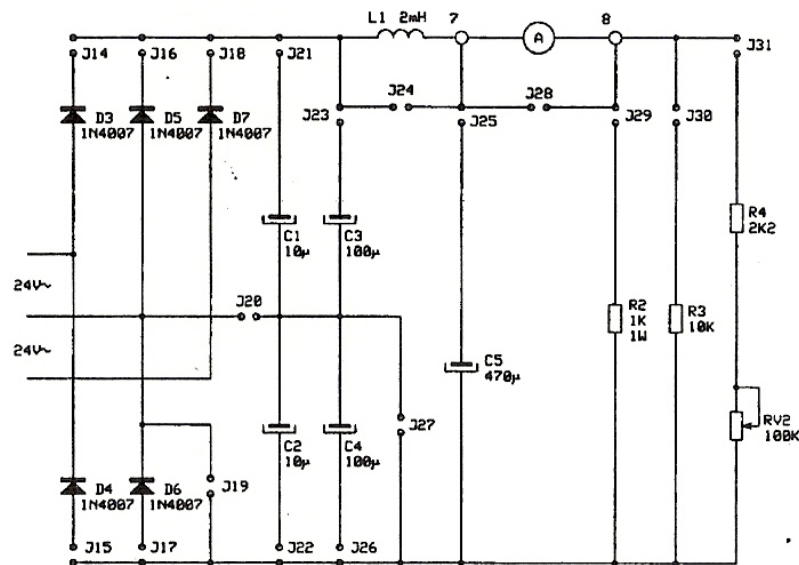


Fig. I05.1 Modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3.

Se pornește de la modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3, fig. I05.1 și se realizează circuitul din fig. I05.2 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din mijloc-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J28 (se conectează ampermetru de CA (A) între bornele 7 și 8)
- Se conectează dioda D3 prin montarea șuntului J14 iar în locul bobinei L1 se montează șuntul J24
- Se conectează R4 în serie cu RV₂ prin montarea șunturilor J31 și J27
- Se alimentează în CA la 24V~ prin montarea șuntului J20
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

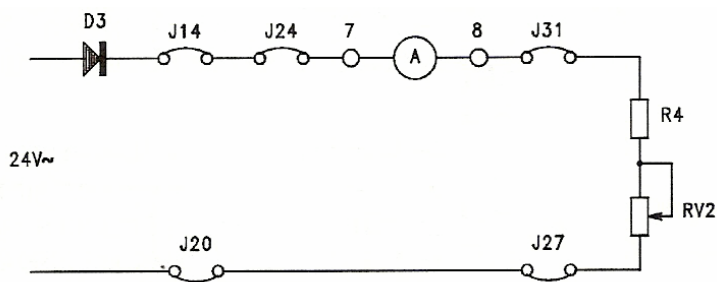


Fig. I05.2 Circuitul de caracterizare a redresorului monoalternanță.

Reglați RV_2 pentru a obține curentul minim în circuit. Conectați osciloscopul pentru a vizualiza tensiunea de la intrare și tensiunea pe sarcină (R_4 în serie cu RV_2). Comparați cele două forme de undă și determinați când conduce dioda.

I05.4 ASPECTE TEORETICE

Redresorul monoalternanță descris anterior are dezavantajul utilizării unei semialternanțe a semnalului alternativ și astfel tensiunea de ieșire medie sau rms este mică. Aceasta este un dezavantaj în special când sarcina necesită multă putere.

Pentru a crește valoarea medie sau rms a tensiunii de ieșire este necesară redresarea întregului ciclu al semnalului de intrare respectiv redresarea dublă alternanță.

O primă variantă utilizează două diode, fig. I04.3 și necesită două surse de tensiune egale și defazate cu 180 grade aplicate pe anodi. Tensiunea medie de ieșire este:

$$V_m = 2 \cdot V_M / \pi = 0,636 V_M$$

iar tensiunea de ieșire rms este:

$$V_{rms} = V_M / \sqrt{2} = 0,707 V_M$$

O altă soluție pentru redresarea dublă alternanță a sursei de semnal alternativ este redresorul Graetz sau redresorul punte, fig. I04.4 și I04.5, care necesită 4 diode în loc de 2. Pe perioada semialternanței pozitive diodele D1 și D3 conduc, iar pe perioada semialternanței negative diodele D2 și D4 conduc, astfel curentul ce parcurge rezistența de sarcină are mereu același sens pe durata celor două semialternanțe.

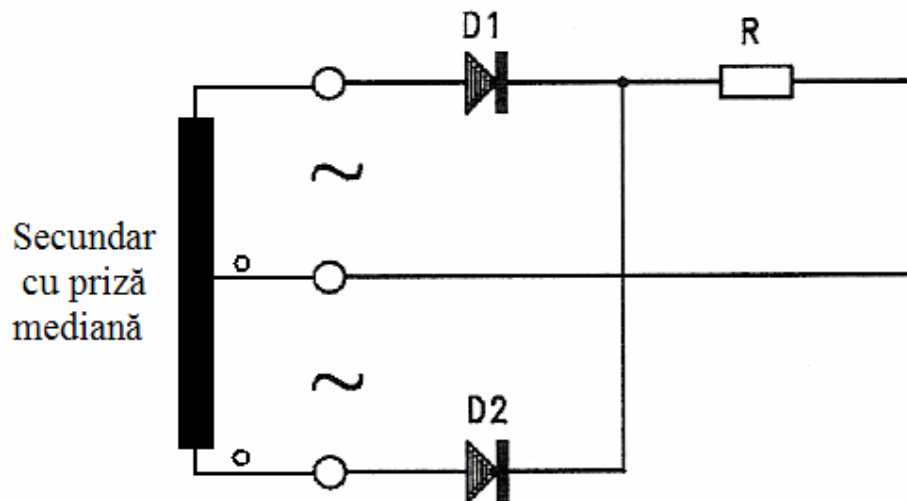


Fig. I05.3 Redresorul dublă alternanță cu priză mediană.

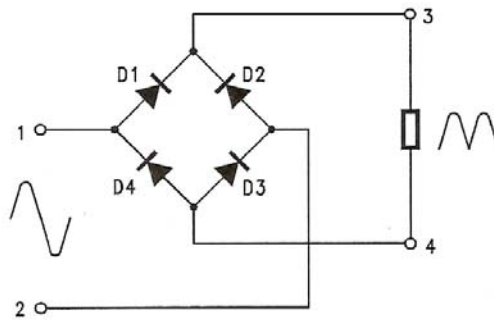


Fig. I05.4 Redresorul dublă alternanță cu punte Graetz.

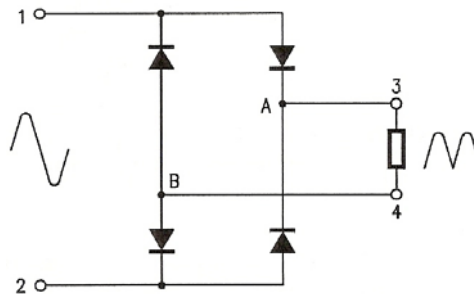


Fig. I05.5 Redresorul dublă alternanță cu punte Graetz redesenat.

I05.5 DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B04

În anumite circuite este necesare măsurarea curenților și a tensiunilor. Dacă dispunem de un singur multimetru acesta trebuie utilizat alternativ ca voltmetru și ampermetru.

La măsurarea tensiunilor cu multimetru, trebuie scurtcircuitate punctele în care se conecta ampermetru pentru a asigura continuitatea circuitului și verificat ca multimetru să fie comutat pe funcția de voltmetru.

Utilizarea multimetru pe funcția de ampermetru pentru măsurarea tensiunilor poate conduce la deteriorarea multimetru și a componentelor circuitului în care se face măsurătoarea.

5.1 Analiza redresorului dublă alternanță cu priză mediană

Se realizează circuitul din fig. I05.6 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din mijloc-sus al montajului:
 - Se conectează șuntul J28 (se conectează ampermetru de CA (A) între bornele 7 și 8)
- Se conectează dioda D3 prin montarea șuntului J14, dioda D7 prin conectarea șuntului J18 și se scurtcircuitează bobina L1 prin conectarea șuntului J24
- Se conectează R4 în serie cu R_{V2} prin montarea șunturilor J31 și J27
- Se alimentează în CA la 24V~ prin montarea șuntului J20
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

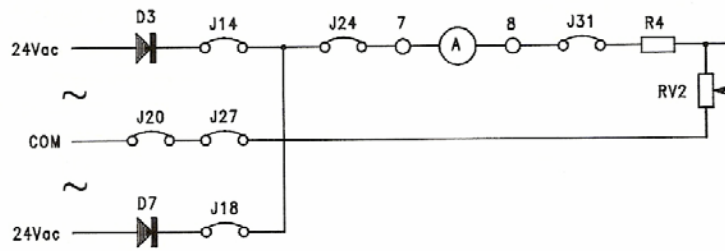


Fig. I05.6 Redresorul dublă alternanță cu punte Graetz redesenat.

Se conectează masa osciloscopului la COM (anodul diodei D5) și proba la punctul de măsură dintre terminalul rezistenței R4 și șuntul J31, pentru vizualizarea formei de undă pe sarcină și apoi se conectează proba pe anodul diodei D3 și D7 pentru a vizualiza forma semnalului pe cele două secțiuni.
Se reglează RV2 pentru a obține curentul maxim prin sarcină.

4.2 Analiza redresorului dublă alternanță cu punte Graetz

Se realizează circuitul din fig. I05.7 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din mijloc-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J28 (se conectează ampermetru de CA (A) între bornele 7 și 8)
- Se conectează dioda D3 prin montarea șuntului J14, dioda D4 prin conectarea șuntului J15, dioda D5 prin conectarea șuntului J16, dioda D6 prin conectarea șuntului J17, și se scurtcircuitează bobina L1 prin conectarea șuntului J24
- Se conectează R4 în serie cu R_{V2} prin montarea șuntului J31
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

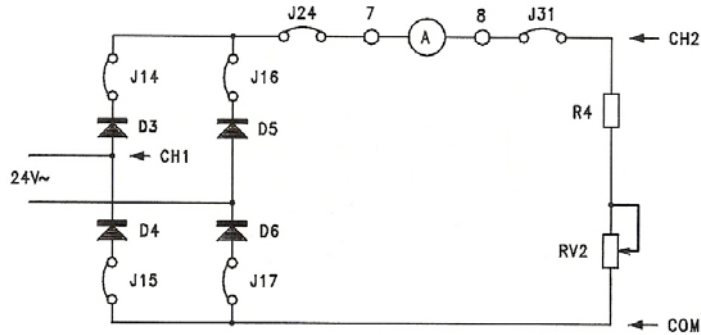


Fig. I05.7 Redresorul dublă alternanță cu punte Graetz redesenat.

Se conectează masa osciloscopului la COM (anodul diodelor D4, D6), proba 1 la CH1 (catodul diodei D4) și proba doi la CH2 (rezistența R4 în serie cu RV2) și se vizualizează formele de undă.

Se reglează RV2 pentru a obține curentul maxim prin sarcină.

Se măsoară valoarea maximă a tensiunii pe dioda D4 respectiv tensiunea inversă aplicată pe diodă.

Verificați comportarea redresorului în situațiile următoare:

- Deconectarea simultană a șunturilor J14, J15, J16
- Deconectarea simultană a șunturilor J14, J16
- Deconectarea șunturilor J15, J16
- Deconectarea șunturilor J14, J17

La redresorul punte tensiunea pe sarcină este pulsatorie iar amplitudinea acesteia este egală cu amplitudinea semnalului de intrare micșorată cu tensiunea directă pe două diode. Deoarece amplitudinea tensiunea de intrare este mult mai mare ca tensiunea directă pe diodă sesizarea diferenței amplitudinii semnalului pe sarcină comparativ cu amplitudinea semnalului de intrare este dificilă.

I05.6 ÎNTREBĂRI

II. Care sunt concluziile măsurătorilor pe circuitul din fig. I05.6 ?

- a) tensiunea în catodul diodei D3 este tot timpul zero, pe dioda D7 nu are semialternața pozitivă, pe sarcină nu are semialternața negativă
- b) tensiunea în catodul diodei D3 nu are semialternața pozitivă, pe dioda D7 nu are semialternața pozitivă, astfel tensiunea pe sarcină este zero
- c) tensiunea în catodul diodei D3 nu are semialternața pozitivă, pe dioda D7 este zero, iar tensiunea pe sarcină nu are semialternața pozitivă
- d) D3 și D7 redresează semialternațe cu semn opus ale semnalului de intrare. Tensiunea pe sarcină constă numai din pulsuri pozitive
- e) nici una din cele de mai sus

I2. Puneți ampermetrul pe DC, deconectați șuntul J18 și măsurați curentul

Conectați șuntul J18 la loc și măsurați curentul din nou.

Comparați valorile curentului măsurat!

- a) rezultatele sunt identice în ambele cazuri
- b) curentul în primul caz este de trei ori mai mare
- c) curentul în al doilea caz este dublu
- d) curentul în primul caz este dublu
- e) curentul este jumătate în al doilea caz

I3. Referitor la puntea Graetz din fig. I05.7 care fraze sunt adevărate ?

- a) în funcționare diodele D3 și D6 conduc alternativ, în timp ce diodele D2 și D4 protejează sarcina de supratensiuni
- b) la orice moment, o pereche de diode din punte sunt în conducție
- c) semnalul pe sarcină are o comportare pulsatorie, constituit dintr-o singură semialternață negativă a semnalului de intrare, când diodele D3, D5, D6 încep să conducă
- d) cele 4 diode ale punții conduc simultan și tensiunea de ieșire este perfect continuă
- e) nici una din acestea este adevărată

I4. Conectați șunturile pentru a realiza circuitul din fig. I05.7 din nou.

Montați SIS1	Setați comutatorul S8 pe închis
SIS2	Apăsați "INS"

- a) un condensator de $1\mu A$ a fost conectat în paralel cu sarcina
- b) bobină de $1mH$ a fost conectată în paralel cu sarcina
- c) dioda D3 a fost scurtcircuitată
- d) circuitul a devenit deschis la D5
- e) nici una din acestea este adevărată

Montați SIS1	Setați comutatorul S8 pe deschis
---------------------	---

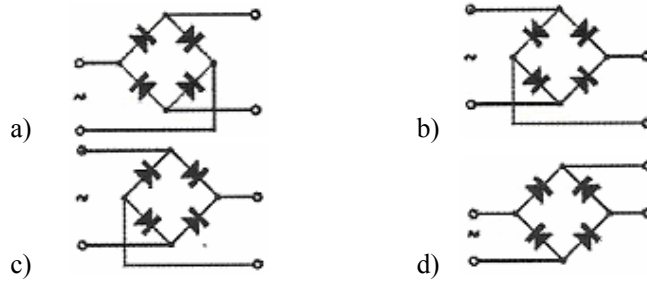
I5. Care este relația dintre tensiunea de ieșire RMS a redresorului dublă alternață și cea monoalternață ?

- a) ele sunt egale
- b) rms este dublă
- c) rms este jumătate
- d) rms este de $\sqrt{2}$ ori mai mare
- e) rms este de $1/\sqrt{2}$ ori mai mare

16. Un redresor dublă alternanță este alimentat la 24V rms. Care este media curentului printr-un rezistor $1k\Omega$ conectat la ieșirea redresorului ?

- a) 20 mA
- b) 10 mA
- c) 9 mA
- d) 18 mA
- e) 50 mA

17. Care din următoarele configurații sunt punte Graetz ?



18. Care este tensiunea inversă maximă pe o diodă în puntea Graetz dacă valoarea tensiunii de alimentare este V_{IM} ?

- a) V_{IM}
- b) $(1/2) V_{IM}$
- c) $2 V_{IM}$
- d) $\sqrt{2} V_{IM}$
- e) $(1/\sqrt{2}) V_{IM}$

CAPITOLUL I06

FILTRE DE NETEZIRE

I06.1 OBIECTIVE

- Observarea pe osciloscop tensiunii filtrate cu C, LC și CLC
- Măsurarea tensiunii de riplu vârf la vârf
- Măsurarea tensiunii medii redresate
- Calculul tensiunii de riplu

I06.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul MCM3/EV
- Multimetru
- Osciloscop cu sondă

I06.3 ASPECTE TEORETICE

Filtrele sunt utilizate pentru netezirea semnalului de la ieșirea unui redresor de semnal alternativ. Variația sau componenta alternativă a semnalului redresat se numește uzual “Riplu” și se calculează astfel:

$$\text{Riplu} = \frac{\text{Valoarea RMS a tensiunii de riplu}}{\text{Tensiunea medie pe sarcină}} \%$$

Astfel pentru semnalul nefiltrat factorul de riplu pentru redresorul monoalternanță este: $\sqrt{(\pi/2)^2 - 1}$ (adică 121%); pentru redresor dublă alternanță este: $\sqrt{(\pi/2 \cdot \sqrt{2})^2 - 1}$ (adică 48%). Pentru reducerea riplului sunt necesare filtre de netezire.

3.1 Filtre capacitive

Pot fi realizate prin conectarea unui condensator în paralel cu sarcina, fig. I05.1. Comportarea tensiunii și curentului netezit este în fig. I05.2.

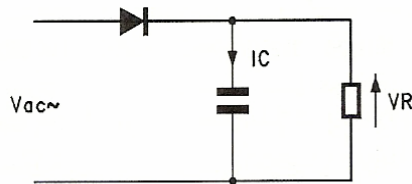


Fig. I06.1 Filtru capacitiv C.

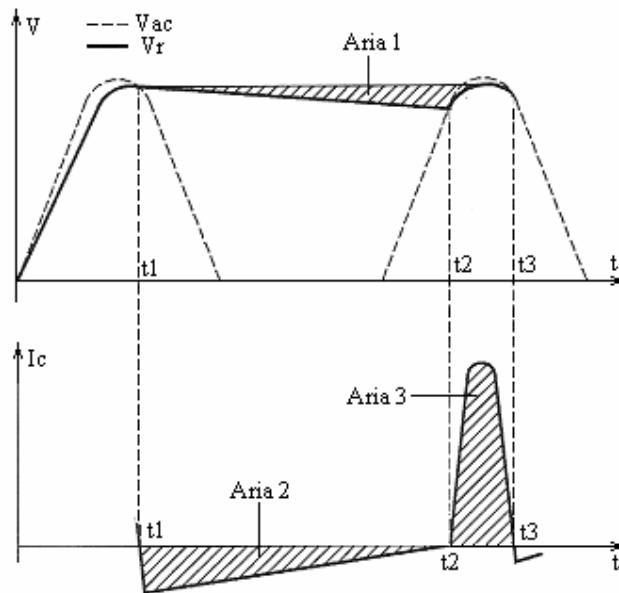


Fig. I06.2 Tensiunea și curentul netezite cu filtru capacitiv C.

Condensatorul se încarcă în timp ce dioda conduce, până atinge valoarea maximă a tensiunii redresate. Când tensiunea de alimentare pe anod este mai mică ca tensiunea pe catod, (adică tensiunea maximă de pe condensator) dioda este blocată. Condensatorul va alimenta curentul prin sarcină. Această descărcare a curentului, fig. I05.2 este pe perioada (t2-t1). Dacă condensatorul este mic sau rezistența de sarcină este mică, condensatorul se va descărca foarte repede iar netezirea nu va fi foarte bună.

Când tensiunea de pe anod este mai mare ca tensiunea pe condensator, acesta se încarcă din nou în intervalul (t3-t2). Dioda livrează un puls de curent pentru a înlocui sarcina pierdută de condensator. Pe perioada t3-t2 condensatorul trebuie să acumuleze cantitatea de sarcină pierdută în perioada t2-t1.

Curentul maxim prin diode este:

$$I_M = V_M \cdot \pi \cdot \sqrt{(f \cdot R \cdot C)}$$

unde V_M este tensiunea maximă pe sarcină iar f este frecvența semnalului alternativ.

Curentul mediu prin diode este:

$$I_m = I_0 / 2$$

cu I_0 curentul mediu pe sarcină.

Tensiunea de ieșire medie este:

$$V_m = V_M - I_M / (4 \cdot f \cdot C)$$

Rezistența de ieșire care va determina căderea tensiunii pe sarcină este:

$$R_0 = 1 / (4 \cdot f \cdot C)$$

Riplul este:

$$r = 1 / (4 \cdot \sqrt{3} \cdot f \cdot R \cdot C)$$

Un riplu mic necesită rezistență mare, curent mic și capacitate mare. Filtrele capacitive sunt utilizate în general în aplicațiile de mică putere.

3.2 Filtrul inductiv

Acestea sunt realizate prin înserierea cu sarcina a unei inductanțe, fig. I06.3.

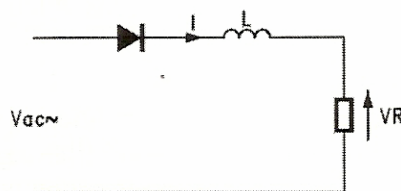


Fig. I06.3 Filtru inductiv L.

Introducerea unui filtru inductiv după un redresor dublă alternanță reduce semnificativ curentul de riplu. Efectele inductanței sunt prezentate în fig. I05.4.

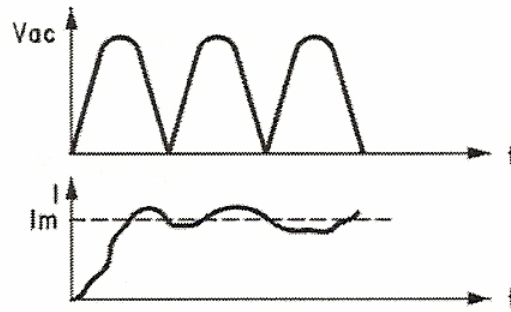


Fig. I06.4 Efectul filtru inductiv L asupra curentului prin sarcină.

Inductanța se opune variațiilor și pulsurilor de curent de la diodă și produce un curent I care rămâne în urma tensiunii, conform reprezentărilor tensiunilor și curentului, fig. I05.5.

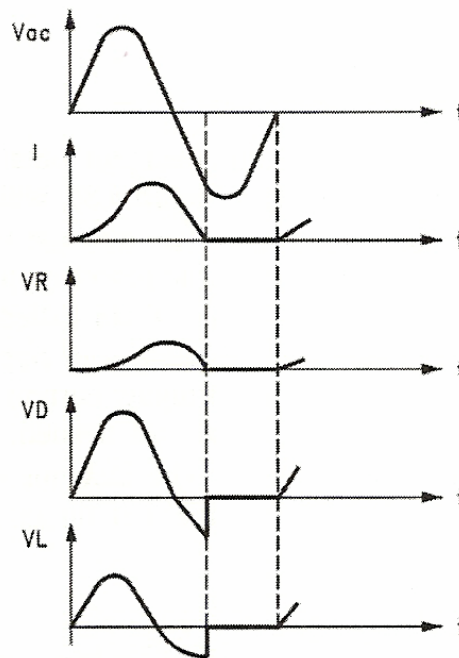


Fig. I06.5 Comportarea filtrului inductiv L.

3.3 Filtre LC

Aceste filtre se mai numesc și filtre în L și reprezintă o metodă obișnuită de netezire a tensiunii redresate, fig. I06.6.

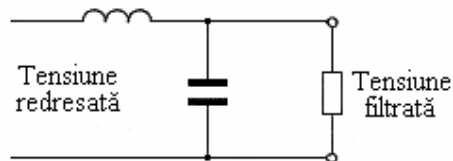


Fig. I06.6 Filtru LC.

Inductanța realizează o filtrare rapidă a variațiilor de curent și astfel condensatorul reprezintă al doilea etaj de filtrare. Netezirea este mai bună cu cât reactanța bobinei este mai mare comparativ cu circuitul paralel RC și cu cât reactanța condensatorului este mai mică comparativ cu sarcina R.

3.4 Filtre CLC și CRC

Aceste filtre se mai numesc și filtre în “ π ” și aduc o îmbunătățire a filtrării prin adăugarea unui condensator la intrare, fig. I05.7 care reprezintă un etaj suplimentar de netezire la intrare. Tensiunea de ieșire medie este foarte apropiată de tensiunea maximă a alimentării de putere.

Avantajele acestui filtru sunt: tensiune de ieșire DC crescută; riplu mic.

Dezavantajul principal datorat filtrării capacitive este curentul de vârf foarte mare prin diodă.

Dacă este necesar un curent mic prin sarcină inductanța poate fi înlocuită cu o rezistență obținându-se un filtru în π CRC.

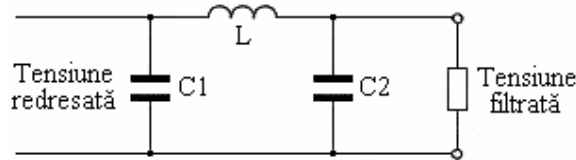


Fig. I06.7 Filtru CLC.

3.5 Formule utile pentru redresorul dublă alternanță

Filtru	Condiții pentru o bună filtrare	Tensiune DC	Impedanța de ieșire	Riplu
C	$R \gg 1/\omega C$	$V_M - I_m/4fC$	$1/4fC$	$1/(4\sqrt{3} fRC)$
L	$\omega L \gg R$	$2/\pi V_M - R_i I$	R_i bobină	$R_L/(3\sqrt{2} \omega L)$
LC	$\omega L \gg 1/\omega C$ $R > 1/\omega C$	$2/\pi V_M - R_i I$	R_i bobină	$\sqrt{2} / (12\omega^2 LC)$

106.4 DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B05

4.1 Redresor monoalternanță cu filtre C, LC și CLC

Se realizează circuitul din fig. I06.8 pe modulul din mijloc-sus astfel:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se configurează circuitul de măsură pe modulul din mijloc-sus al montajului:
 - Se montează șuntul J28 (se conectează ampermetru de CA (A) între bornele 7 și 8)
- Se conectează dioda D3 prin montarea șuntului J14, J24
- Se conectează rezistența de sarcină R2 prin montarea șuntului J27, J29
- Se alimentează la 24V~ prin montarea șuntului J20
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

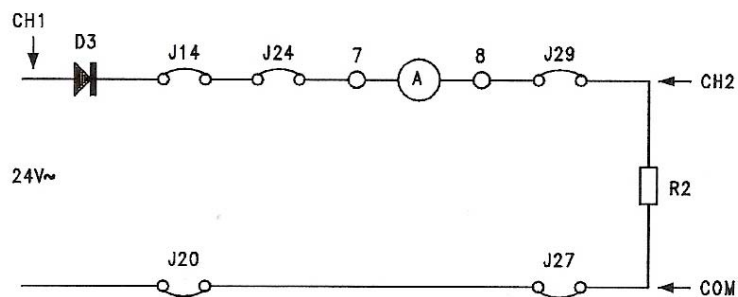


Fig. I06.8 Redresorul monoalternanță pentru analiza filtrelor C.

Vizualizați cu osciloscopul semnalul alternativ de intrare pe canalul 1 iar pe canalul 2 tensiunea pe sarcina R2.

Observați tensiunea pe sarcină și măsurați curentul prin circuit.

Montați șuntul J23 pentru a introduce filtrul capacitiv C3.

Măsurați curentul prin sarcină și observați forma și valoarea tensiunii vârf la vârf a riplului de pe sarcină.

Deconectați șuntul J29 și conectați șuntul J30, crescând rezistența de sarcină de la 1 kΩ la 10kΩ.

I1. Ce efect se observă la creșterea rezistenței de sarcină ?

- a) riplul tensiunii de ieșire scade
- b) riplul este neschimbat, dar amplitudinea semnalului de ieșire crește
- c) riplul și amplitudinea semnalului de ieșire sunt constante
- d) riplul semnalului de ieșire crește, dar amplitudinea semnalului de ieșire rămâne constantă
- e) nici una din cele de mai sus

Refaceți circuitul deconectând J30 și reconectați J29.

Deconectați șuntul J23 și conectați J25, crescând capacitatea de filtrare de la 100μF la 470μF.

Măsurați curentul prin sarcină și observați forma și valoarea tensiunii vârf la vârf a riplului de pe sarcină.

I2. Ce efect se observă la creșterea capacității de filtrare de la 100μF la 470μF ?

- a) riplul scade
- b) tensiunea de ieșire maximă scade
- c) semnalul riplu crește
- d) nu se văd modificări semnificative
- e) valoarea tensiunii minime crește

Montați SIS1	Setați comutatorul S24 pe închis
SIS2	Apăsați “INS”

I3. Ce modificări au fost efectuate în circuit ?

- a) rezistența de sarcină a fost micșorată
- b) semnalul de intrare în filtru este mai mic
- c) nu au fost introduse schimbări
- d) capacitatea filtrului este mult mai mică
- e) rezistența de sarcină a fost scăzută
- f) nici una din cele de mai sus

Montați SIS1	Setați comutatorul S24 pe deschis
---------------------	--

Se realizează circuitul din fig. I05.9 pe modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3.

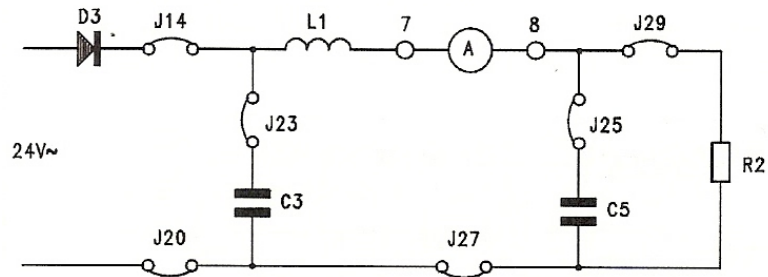


Fig. I06.9 Redresorul monoalternant pentru analiza filtrelor LC și CLC.

Se scoate șuntul J23 pentru a configura un filtru LC, fig. I06.9, se măsoară curentul mediu prin circuit și se vizualizează forma și amplitudinea riplului pe sarcină.

Se conectează șuntul J23 pentru a configura un filtru CLC, fig. I06.9, se măsoară curentul mediu prin circuit și se vizualizează forma și amplitudinea riplului pe sarcină.

Adăugarea condensatorului C3 furnizează filtrului LC o tensiune mai stabilă cu o valoare medie apropiată de valoarea maximă a tensiunii de alimentare. Comparând tensiunile în diferite configurații se observă că tensiunea de ieșire CC crește cu tensiunea CC de la ieșirea filtrului și de asemenea cu scăderea riplului.

4.2 Redresor dublă alternanță cu filtre C, LC și CLC

Pe modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3, se realizează circuitul din fig. I06.10.

- Deconectați șunturile J21, J23 și măsurați curentul continuu, riplul și tensiunea continuă pe sarcină în următoarele situații:
- Conectați șuntul J21 pentru realizarea unui filtru capacitiv, cu $C1=10\mu\text{F}$
- Conectați șuntul J23 pentru creșterea capacității filtrului ($C1=10\mu\text{F}$ paralel cu $C2=100\mu\text{F}$)
- Scoateți șunturile J21, J23 și conectați J25, introducând doar $C5=470\mu\text{F}$
- Scoateți șuntul J24 pentru a realiza un filtru LC, fig. I06.11
- Conectați șuntul J23 pentru a realiza un filtru CLC

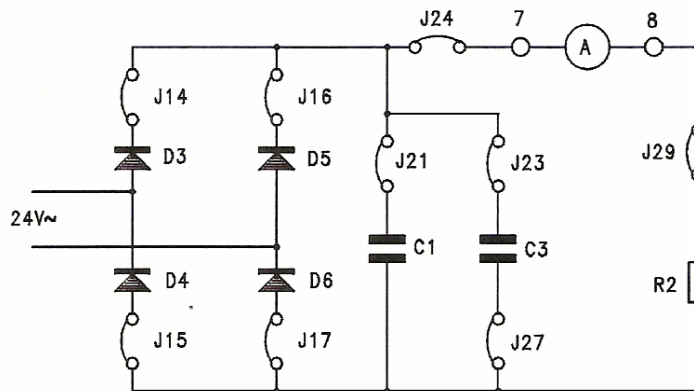


Fig. I06.10 Redresorul dublă alternanță pentru analiza filtrelor C.

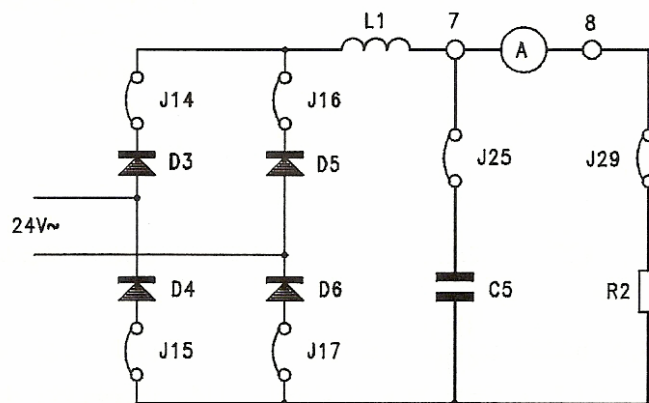


Fig. I06.11 Redresorul dublă alternanță pentru analiza filtrelor LC și CLC.

14. Care din circuitele analizate dă curentul cel mai mare cu riplul cel mai mic ?

- a) circuitul cu C1
- b) circuitul cu C1 paralel cu C2
- c) circuitul cu C5
- d) circuitul cu LC5
- e) circuitul cu C3LC5

106.5 ÎNTREBĂRI

I5. *O inductanță în serie cu sarcina va:*

- a) netezi tensiunea redresată
- b) crește tensiunea de ieșire
- c) netezi tensiunea pe sarcină
- d) crește riplul
- e) nici una din cele de mai sus

I6. *Un condensator în paralel cu sarcina va:*

- a) netezi tensiunea pe sarcină
- b) crește frecvența de ieșire
- c) scadea curentul prin sarcină
- d) crește riplul
- e) scurtcircuata sarcina

I7. *Riplul unui filtru CLC depinde de:*

- a) numai de frecvența semnalului alternativ
- b) valoarea primului condensator
- c) valoarea inductanței și a sarcinii
- d) numai de capacitatea finală
- e) toate componentele filtrului și frecvența de intrare

CAPITOLUL I07

DUBLORUL DE TENSIUNE

I07.1 OBIECTIVE

- Analiza funcționării dublorului de tensiune la modificarea sarcinii și condensatorului

I07.2 APARATE NECESARE

- Sursă de alimentare PS1-PSU/EV sau PSLC/EV, unitate de control individual SIS1/SIS2/SIS3 (opțional).
- Modulul MCM3/EV
- Multimetru
- Osciloscop cu sondă diferențială

I07.3 ASPECTE TEORETICE

Dublorul de tensiune, fig. I07.1 produce o tensiune dublă față de redresorul normal utilizând aceeași sursă de alimentare de CA.

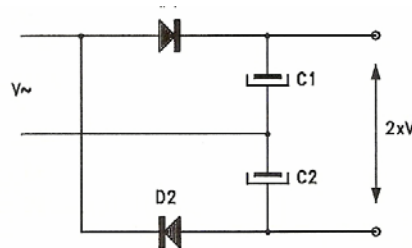


Fig. I07.1 Circuitul dublor de tensiune.

Referitor la fig. I07.2 pe perioada primului sfert de perioadă (t_0-t_1) ale unei sinusoidale de intrare dioda $d1$ conduce iar condensatorul $C1$ se încarcă la maximum V_M .

În sfertul al doilea (t_1-t_2) nici o diodă nu conduce și tensiunea rămâne aceeași dacă nu avem sarcină.

La momentul t_2 , dioda $D2$ începe să conducă și curentul curge prin $C2$, care de asemenea se încarcă la valoarea maximă V_M .

La momentul t_3 , dioda $D2$ este blocată. Din acest moment nici o diodă nu conduce și tensiunea pe terminalul de ieșire este egală cu suma celor două tensiuni pe condensator, adică $2 \cdot V_M$.

Când avem sarcină condensatorii se descarcă puțin în intervalele (t_1-t_2) și (t_3-t_4), creând un riplu care crește cu curentul de sarcină (micșorarea rezistenței de sarcină).

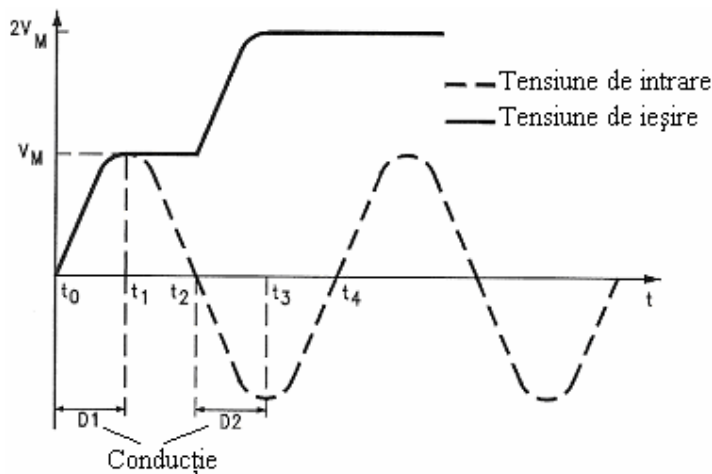


Fig. I07.2 Funcționarea circuitului dublor de tensiune.

I07.4 DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

MCM-3	Deconectați toate șunturile
Montați SIS1	Setați toate comutatoarele pe deschis
SIS2	Introduceți cod lecție: B06

Se pornește de la modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3, fig. I07.3 și se realizează circuitul din fig. I07.4 în următoarele etape:

- Se scot toate șunturile și aparatele de pe montaj
- Se conectează dioda D3 prin montarea șuntului J14, dioda D4 prin montarea șuntului J15, condensatorul C3 prin montarea șuntului J23, condensatorul C4 prin montarea șuntului J26
- Se conectează rezistența de sarcină R4 înseriată cu RV2, prin montarea șuntului J24, J28, J31
- Se alimentează la 24V~ prin montarea șuntului J20
- Se verifică conectarea sursei de alimentare la mufa rotundă (POWER) din dreapta montajului

Conectați osciloscopul conform fig. I07.4 și verificați valoarea tensiunii de aproximativ dublul valorii maxime a tensiunii de alimentare de putere (24Vac).

Modificați rezistența de sarcină din RV2 și verificați creșterea riplului la scăderea rezistenței de sarcină.

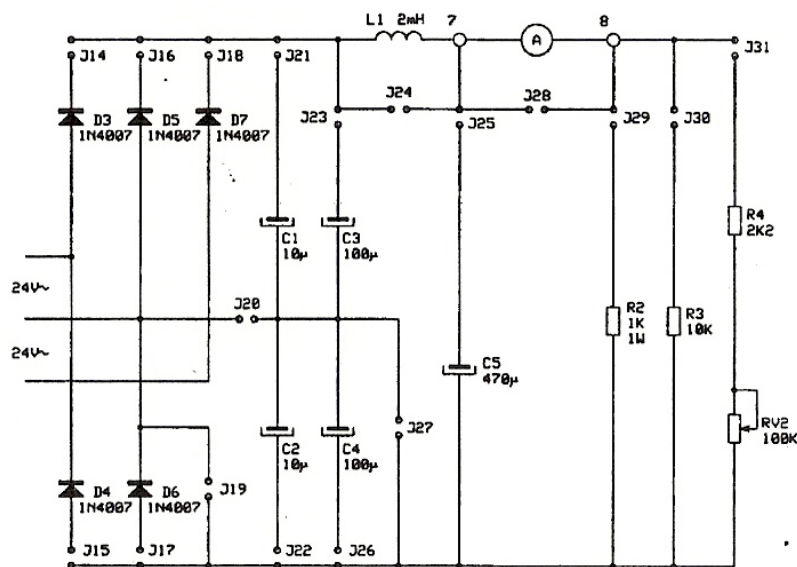


Fig. I07.3 Modulul din mijloc-sus al plăcii MCM3.

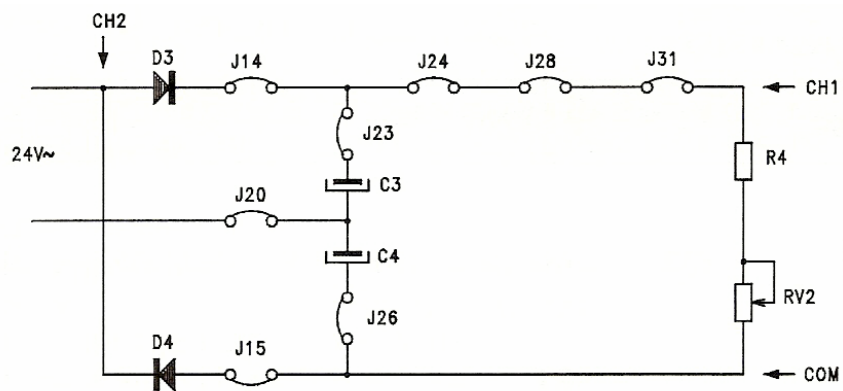


Fig. I07.4 Circuitul pentru analiza dublorului de tensiune.

I1. Ce se întâmplă dacă valoarea condensatorilor scade ?

- riplu scade
- tensiunea crește
- riplu crește și tensiunea scade
- curentul prin sarcină se dublează
- tensiunea pe sarcină este redusă la jumătate
- nici una din cele de mai sus

Deconectați șunturile J23, J26 și conectați șunturile J21, J22 pentru a înlocui C3 și C4 cu C1 și C2. Modificați sarcina din RV2 și observați modificarea tensiunii de ieșire. Rezultatul arată că riplul dublorului de tensiune depinde de valorile condensatorilor.

Deconectați șuntul J31 și utilizând canalul 2 al osciloscopului observați tensiunea pe dioda D4 observând că nu se produce nici o schimbare la eliminarea sarcinii.

Montați SIS1	Setați comutatorul S23 pe închis
SIS2	Apăsați "INS"

I2. Pentru analiza tensiunilor din circuit, ce modificări au fost efectuate ?

- un condensator de $1000\mu\text{F}$ a fost introdus ca sarcină
- o rezistență de $1\text{M}\Omega$ a fost introdusă ca sarcină
- o rezistență de 1Ω a fost introdusă ca sarcină
- dioda D4 a fost inversată
- C2 a fost scurtcircuitat
- o rezistență de $1\text{K}\Omega$ a fost introdusă ca sarcină

Montați SIS1	Setați comutatorul S23 pe deschis
--------------	-----------------------------------

I3. Ce se întâmplă cu tensiunea pe dioda D4 când rezistența de sarcină scade ?

- scade
- rămâne constantă
- crește în frecvență
- devine mare
- devine zero

107.5 ÎNTREBĂRI

I4. *La dublorul de tensiune riplul tensiunii depinde numai de valoarea condensatoarelor ?*

- a) da
- b) depinde și de valoarea sarcinii
- c) nu, are tot timpul o valoare constantă
- d) depinde de tensiunea de prag a diodelor
- e) depinde de valoarea maximă a tensiunii de alimentare

I5. *Tensiunea inversă maximă pe diode este egală cu:*

- a) tensiunea maximă a sursei de alimentare
- b) dublul valorii maxime a sursei de alimentare
- c) valoarea medie a tensiunii sursei de alimentare
- d) este permanent zero
- e) este dublul tensiunii de riplu

I6. *Care este tensiunea de ieșire a dublurului cu $15V_{rms}$ alimentare ?*

- a) 42,4V
- b) 30V
- c) 21,2V
- d) 10,6V
- e) 15V

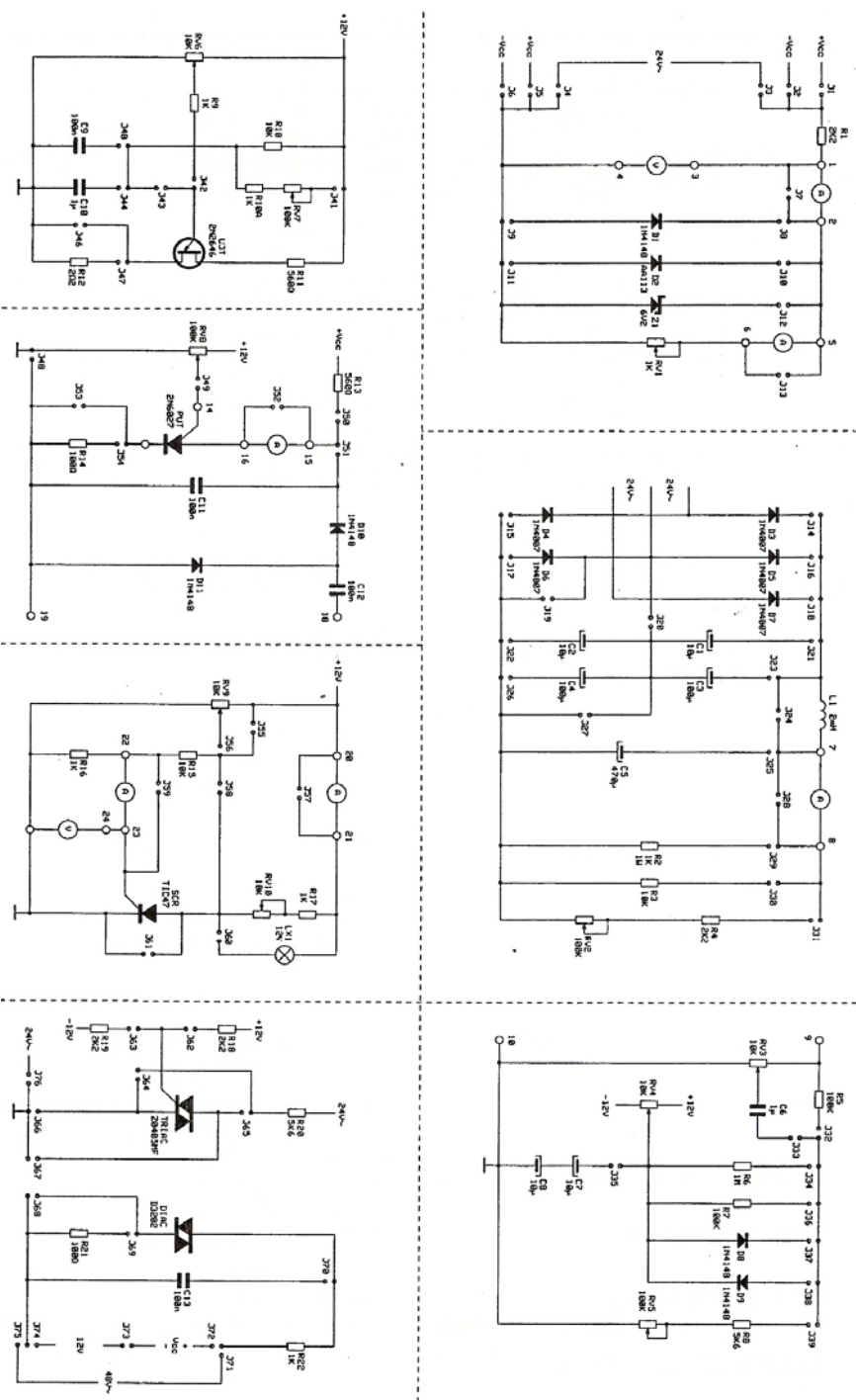


Fig. IXX. Schema electronică a plăcii MCM3.

APENDIX A
DATA SHEETS

Dioda 1N4148

Dioda 1N4007

Dioda Zener BZX 6V2

Dioda AA113

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448

Small Signal Diode



LL-34 COLOR BAND MARKING		
DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDLL914	BLACK	BROWN
FDLL914A	BLACK	GRAY
FDLL914B	BROWN	BLACK
FDLL916	BLACK	RED
FDLL916A	BLACK	WHITE
FDLL916B	BROWN	BROWN
FDLL4148	BLACK	BROWN
FDLL4448	BROWN	BLACK

-1st band denotes cathode terminal and has wider width

Absolute Maximum Ratings* $T_g=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	100	V
I_O	Average Rectified Forward Current	200	mA
I_F	DC Forward Current	300	mA
I_{fR}	Recurrent Peak Forward Current	400	mA
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current Pulse Width = 1.0 second Pulse Width = 1.0 microsecond	1.0	A
		4.0	A
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to + 175	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temp	-65 to + 175	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

NOTES:

- These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
- These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Max.	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Power Dissipation	500	mW
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics* $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Max.	Units
V_R	Breakdown Voltage	$I_R = 100\mu\text{A}$	100		V
		$I_R = 5.0\mu\text{A}$	75		V
V_F	Forward Voltage	1N914B/4448 $I_F = 5.0\text{mA}$	620	720	mV
		1N916B $I_F = 5.0\text{mA}$	630	730	mV
		1N914/916/4148 $I_F = 10\text{mA}$		1.0	V
		1N914A/916A $I_F = 20\text{mA}$		1.0	V
		1N916B $I_F = 20\text{mA}$		1.0	V
		1N914B/4448 $I_F = 100\text{mA}$		1.0	V
I_R	Reverse Leakage	$V_R = 20\text{V}$		25	nA
		$V_R = 20\text{V}, T_A = 150^\circ\text{C}$		50	μA
		$V_R = 75\text{V}$		5.0	μA
C_T	Total Capacitance 1N916A/B/4448 1N914A/B/4148	$V_R = 0, f = 1.0\text{MHz}$		2.0	pF
		$V_R = 0, f = 1.0\text{MHz}$		4.0	pF
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$I_F = 10\text{mA}, V_R = 6.0\text{V} (600\text{mA})$ $I_T = 1.0\text{mA}, R_L = 100\Omega$		4.0	ns

* Non-recurrent square wave PW = 8.3ms

Diode 1N4007

1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{STG}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_{FR}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0							μA
		500							μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$	15							pF

Dida Zener BZX 6V2

Semiconductors – Discrete Devices

BZX Range – 1.3W Zener Diodes

Absolute Maximum Ratings:

Rating	Symbol	Value	Unit
Power dissipation * (at TA = 25°C)	PTA	1.3	MW
Surge Power dissipation Pulse Width = 10msec	PS	10	MW
Operating and storage junction Temperature range	T _J , T _{stg}	-55 to +175	°C
Maximum lead temperature for soldering During 10 sec at 4mm from case	TL	230	°C

Electrical Characteristics (TA = 25°C unless otherwise specified):

Characteristics	Symbol	Value	Unit
Thermal resistance Junction to ambient	R _{th(j-a)}	115.4	°C/mW
Forward voltage at IF = 200mA	VF	1.0	V

* On infinite heat sink with 4mm lead length

Device	VZT @ IZT*		IZT @ IZT*	IZT (mA)	IZK @ IZK	IZK (mA)	Temp. coefficient of zener voltage (%/°C)	IR TA		VR (V)	IZH (mA)	IZSM** (mA)
	Min (V)	Max (V)						25 °C Max (µA)	150°C Max (µA)			
BZX 4V7	4.4	5.0	13.	45	500	1.00	-0.01	3.0	10	1.0	215	1667
BZX 5V1	4.8	5.4	10.0	45	500	1.00	0.01	1.0	10	1.5	200	1543
BZX 5V6	5.2	6.0	7.0	45	400	1.00	0.03	1.0	10	2.0	190	1389
BZX 6V2	5.8	6.6	4.0	35	300	1.00	0.04	1.0	10	3.0	170	1263
BZX 6V8	6.4	7.2	3.5	35	300	1.00	0.05	1.0	10	4.0	155	1157
BZX 7V6	7.0	7.9	3.0	35	200	0.50	0.05	1.0	10	4.5	140	1055
BZX 8V2	7.7	8.7	5.0	25	200	0.50	0.06	1.0	10	6.2	130	968
BZX 9V1	8.5	9.6	5.0	25	200	0.50	0.06	1.0	10	6.8	120	868
BZX 10V	9.4	10.6	7.5	25	200	0.50	0.07	0.5	10	7.0	105	786
BZX 11V	10.4	11.6	8.0	20	300	0.50	0.07	0.5	10	8.2	97	718
BZX 12V	11.4	12.7	9.0	20	350	0.50	0.07	0.5	10	9.1	88	656
BZX 13V	12.4	14.1	10.0	20	400	0.50	0.07	0.5	10	10.0	79	591
BZX 16V	13.8	15.6	15.0	15	500	0.50	0.08	0.5	10	11.0	71	531
BZX 16V	15.3	17.1	15.0	15	500	0.50	0.08	0.5	10	12.0	66	487
BZX 18V	16.8	19.1	20.0	15	500	0.50	0.08	0.5	10	13.0	62	436
BZX 20V	18.8	21.2	24.0	10	600	0.50	0.08	0.5	10	15.0	56	393
BZX 22V	20.8	23.3	25.0	10	600	0.50	0.08	0.5	10	16.0	52	358
BZX 24V	22.8	25.6	25.0	10	600	0.50	0.08	0.5	10	18.0	47	326
BZX 27V	25.1	28.9	30.0	8	750	0.25	0.09	0.5	10	20.0	41	288
BZX 30V	28.0	32.0	30.0	8	1000	0.25	0.09	0.5	10	22.0	36	260
BZX 33V	31.0	35.0	35.0	8	1000	0.25	0.09	0.5	10	24.0	33	238
BZX 36V	34.0	38.0	40.0	8	1000	0.25	0.09	0.5	10	27.0	30	219
BZX 39V	37.0	41.0	50.0	6	1000	0.25	0.09	0.5	10	30.0	28	203

* Pulse Condition: Pulse width 20ms <= tp <= 50ms, duty cycle <2%

** Rectangular wave form (tp = 10mS)

Dioda AA113

9.2. Germanium-diodes

Type	Application	Reverse voltage V _R (V)	Forward voltage V _F at I _F = 10 mA (V)	Reverse current I _R at V _R = 10 V (µA)
AA 113 ¹⁾	HF-diode	60	1.1 (<1.6)	12
AA 116 ¹⁾	HF-diode	20	<1.0	20
AA 117	General purpose diode	90	<1.2	4
AA 118 ¹⁾	General purpose diode	90	<1.05	2.5
AA 119 ¹⁾	RF-diode	30	<1.5	4.5