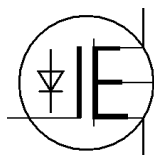


MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

I.P. CENTRUL DE EXCELENȚĂ ÎN ENERGETICĂ ȘI ELECTRONICĂ



Catedra „AUTOMATIZĂRI”

ELECTRONICĂ

INSTRUCȚIUNI

pentru efectuarea lucrărilor
de laborator la disciplina:

„Dispozitive electronice și microelectronice”

Autor: profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic
superior *VEACESLAV CEAUȘ*

Examine

la ședința catedrei „Automatizări”

Proces verbal nr.____ din_____2021

șef catedră _____VEaceslav Ceauș

Chișinău 2021

Prefață

În programele instituțiilor de profil un rol important este atribuit lucrărilor de laborator și practice, care ajută elevilor la o mai bună asimilare a materialului de pe urma lecțiilor teoretice, dobândirea deprinderilor practice și utilizarea inteligentă a informațiilor obținute de la disciplinele înrudite.

Pe parcursul efectuării lucrărilor de laborator elevul se învață să lucreze cu aparatajul de măsură și control real cât și virtual, să utilizeze diverse componente ale tehnicii radioelectronice să citească schemele electrice și electronice din echipamentele electrice și electronice de automatizări.

Odată cu apariția computerelor lucrul omului a fost considerabil ușurat, devenind în majoritatea domeniilor mult mai progresiv și mai calitativ. Nu o excepție au fost și disciplinele universitare.

Calculatorul a înlocuit un șir întreg de agregate și dispozitive, exploatarea cărora este un lucru lent și plictisitor, lucrarea dată fiind cea mai directă dovadă în ceea ce privește obiectul electronica digitală.

Simularea la calculator a lucrărilor de laborator ne permite să facem asta mai operativ economisind pe tot felul de dispozitive, standuri și componente folosite de obicei. În același timp asistăm fără ca să trecem peste nici un moment important din lucrare.

Programul „EWB” al firmei „ELECTRONICS WORKBENCH” este cea mai bună soluție pentru asta. Acest program ne oferă: o gamă largă de componente care face posibilă construcția oricărui dispozitiv indiferent de complicitatea acestuia fie analogic sau digital. În afară de asta este posibilă urmărirea funcționării acestuia prin simularea proceselor de lucru. Este posibilă testarea diferitor proiecte experimentale și efectuarea a tot felul de măsurări în orice punct al schemelor.

Simulatorul permite neglijarea a tot tipul de incidente, electrocutări și a altor riscuri nedorite în timpul lucrărilor practice.

Automatizarea și dirijarea de la distanță cu tot felul de mașini în procesul de lucru prin folosirea calculatoarelor care pătrund tot mai mult în economia noastră necesită cunoașterea calculatorului de către tinerii specialiști, simulatoarele permițându-le să acapareze deprinderi utile pe viitor la serviciu.

Prezenta lucrare reprezintă instrucțiuni pentru 9 lucrări de laborator pentru disciplina „Dispozitive electronice și microelectronice” predată în I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică, îndeplinite conform noilor cerințe adică în baza competențelor. Lucrările pot fi efectuate în laboratorul colegiului „Componente și circuite electronice” dotat cu 10 calculatoare și SOFFT-urile necesare, precum și în laboratorul de „Electronică și microelectronică” la 15 standuri reale.

Lucrările de laborator sunt destinate specialității 71420 „Automatizarea proceselor tehnologice” dar pot fi utilizate și pentru alte specialități înrudite la care se studiază dispozitivele semiconductoare respective.

LUCRARE DE LABORATOR Nr. 1

Tema: CERCETAREA VARISTORULUI

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

SCOPUL LUCRĂRII:

- 1 Studierea proprietăților varistorului.
- 2 Ridicarea și trasarea caracteristicii curent – tensiune, adică $I_{\text{dir}} = f(U_{\text{dir}})$ și $I_{\text{ind}} = f(U_{\text{ind}})$.
- 3 Determinarea parametrilor conform caracteristicii trasate, adică A , R_s , R_d , β .
- 4 În fig.1 este reprezentată schema de cercetare.

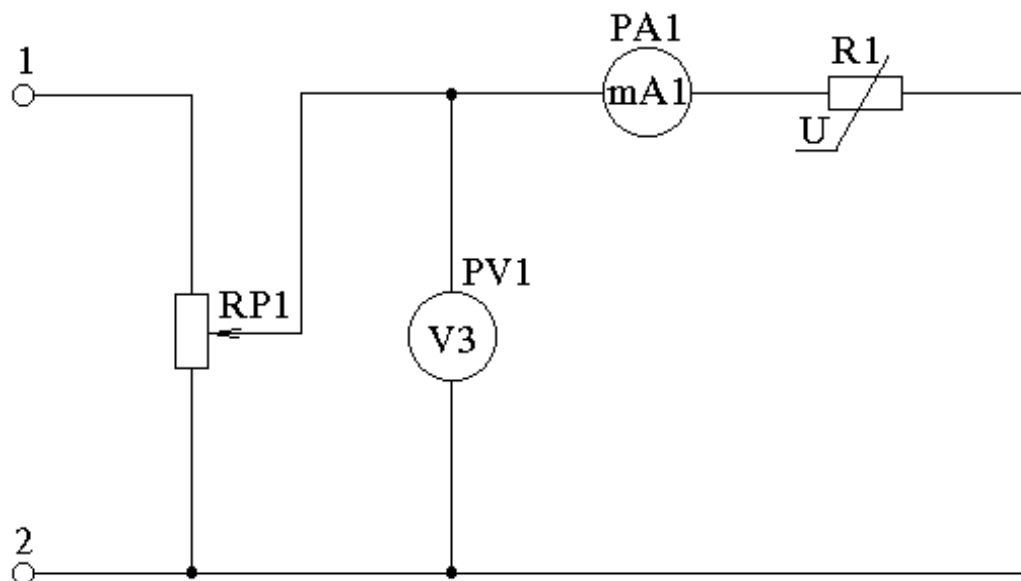


Figura 1 – Schema de cercetare a varistorului

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

- 5 Starea inițială a utilajului.
- 5.1 **Sursa de alimentare (SA) :**
 - pe poziția **de jos** întrerupătoarele $S1...S12$, iar $S3$ în partea **stângă**.
- 5.2 **Platforma cu schema de cercetare;**
 - în partea **stângă** comutatoarele $S1$, $S8$, $S12$ și mânerul potențimetrelor $R1$, $R2$ și $R3$;
 - în partea **dreaptă** comutatorul $S10$;
 - pe poziție **mijlocie** comutatoarele $S2$, $S3$, $S4$, $S5$, $S6$, $S7$, $S9$, $S11$, $S13$, $S14$ și $S15$.

5.3 Comutatoarele rotative:

$S13$	pe poziția	- 5
$S14$	" " " " " "	- 7
$S15$	" " " " " "	- 6
$S16$	" " " " " "	- 6
$S17$	" " " " " "	- 6

S18 " " " " " " - 0,5

S19 " " " " " " - 5

6 Realizați schema de cercetare;

❖ De la sursa de alimentare, cu ajutorul cordoanelor de legătură conectați;

❖ = 50 V cu punctele 3 - 4 ale platformei, respectând polaritățile, "+" în punctul

3.

6.1 Studiați schema obținută ca rezultat al comutării, indicați circuitul trecerii curentului la cercetarea regiunii directe a caracteristicii curent-tensiune adică $I_{dir} = f(U_{dir})$.

6.2 În schemă sunt utilizate;

❖ V3 cu limita 30V – în calitate de PV1, care indică tensiunea directă;

❖ mA1 cu limita 0,5mA – în calitate de PA1, care indică curentul direct.

6.3 Raportați conducătorului despre pregătirea prealabilă.

7 Desenați tabelul 1 pentru înscrierea datelor caracteristicii curent - tensiune $I_{dir} = f(U_{dir})$ și $I_{ind} = f(U_{ind})$.

TABELUL 1

Tensiunea directă U_{dir} , V	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Curentul direct I_{dir} , mA															
Tensiunea indirectă U_{ind} , V	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Curentul indirect I_{ind} , mA															

7.1 Cu permisiunea conducătorului transferați pe poziția de sus întrerupătorul S6 al sursei de alimentare, cu mânerul potențiometrului R3 schimbați în creștere tensiunea U_{dir} indicată de V3, conform tabelului 1 și de fiecare dată ridicați valorile curentului I_{dir} , indicate de mA1. Rezultatele obținute se vor trece în tabelul 1.

Notă: Dacă curentul direct depășește limita indicatorului mA1 atunci schimbați limita în creștere cu ajutorul comutatorului rotativ S18, deci limita indicatorului corespunde poziției S18.

7.2 După ridicarea datelor aduceți tensiunea și curentul la starea nulă cu potențiometrul R3, întrerupătorul S6 SA transferați - l pe poziția de jos și prezentați rezultatele conducătorului la control.

7.3 Cu permisiunea conducătorului desfaceți toate legăturile.

8 Pregătiți utilajul pentru ridicarea datelor regiunii indirecte a caracteristicii curent-tensiune, adică $I_{ind} = f(U_{ind})$.

8.1 Starea inițială a utilajului;

8.2 Sursa de alimentare (SA);

❖ pe poziția **de jos** întrerupătoarele $S1...S12$, iar $S3$ în partea **stângă**.

8.3 Platforma cu schema de cercetare;

❖ în partea **stângă** comutatoarele $S1, S10, S12$ și mânerul potențimetrelor $R2$ și $R3$;

❖ în partea **dreaptă** comutatorul $S8$.

❖ pe poziție mijlocie comutatoarele $S2, S3, S4, S5, S6, S7, S9, S11, S13, S14$ și $S15$.

8.3 Comutatoarele rotative:

$S13$ pe poziția - 5

$S14$ " " " " " " - 7

$S15$ " " " " " " - 6

$S16$ " " " " " " - 6

$S17$ " " " " " " - 6

$S18$ " " " " " " - 0,5

$S19$ " " " " " " - 5

9 Realizați schema de cercetare;

❖ de la sursa de alimentare, cu ajutorul cordoanelor de legătură conectați = 50 V cu punctele 3 - 4 ale platformei, respectând polaritățile, "+" în punctul 4, "-" în punctul 3.

9.1 Studiați schema obținută ca rezultat al comutării, indicați circuitul tranziției curentului la cercetarea regiunii indirecte a caracteristicii curent-tensiune, adică $I_{ind.} = f(U_{ind.})$.

9.2 În schemă sunt utilizate:

❖ $V3$ cu limita 30V – în calitate de $PV1$, care indică tensiunea indirectă;

❖ $mA1$ cu limita 0,5mA – în calitate de $PA1$, care indică curentul indirect.

9.3 Raportați conducătorului despre pregătirea prealabilă.

9.4 Cu permisiunea conducătorului transferați pe poziția de sus întreruptorul $S6$ al sursei de alimentare, cu mânerul potențimetrului $R3$ schimbați în creștere tensiunea U_{ind} indicată de $V3$, conform tabelului 1 și de fiecare dată ridicați valorile curentului I_{ind} , indicate de $mA1$. Rezultatele obținute se vor trece în tabelul 1. La ridicarea datelor se ține cont de nota din punctul 7.1.

9.5 După ridicarea datelor aduceți tensiunea și curentul la starea nulă cu potențimetrul $R3$, întrerupătorul $S6$ transferați-l pe poziția de jos și prezentați rezultatele conducătorului la control.

9.6 Cu permisiunea conducătorului desfaceți toate legăturile.

10 Conform rezultatelor tabelului 1 trasați regiunea directă și indirectă ale caracteristicii curent-tensiune a varistorului pe una și aceeași sistemă de coordonate și determinați parametrii: $I_1, I_2, I, U, A, R_{st}, R_{dif}, \beta, U_{cl}$. la curentul $I_{cl} = 5mA$.

Formule pentru calcul:

a) factorul neliniarității:

$$A = \frac{I_1 - I_2}{I_1};$$

b) rezistența statică:

$$R_{st} = \frac{U}{I} [\Omega]$$

c) rezistența diferențială:

$$R_{dif} = \frac{\Delta U}{\Delta I} [\Omega]$$

d) indicele neliniarității:

$$\beta = \frac{R_{st}}{R_{dif}}.$$

11 În concluzie răspundeți adăugător la următoarele întrebări :

- a) enumerați materialele utilizate la confecționarea varistorului;
- b) ce indică factorul termic de rezistență?

12 Întocmiți referatul și prezentați – l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

- 1 Г.С. Гершунский "Основы электроники и микроэлектроники";
- 2 А.К. Криштафович, В.В. Трифонюк " О П Э ";
- 3 E. Damachi s. a. " Electronica " ;
- 4 G. Vasilescu, S. Lungu " Electronică pentru subingineri " ;
- 5 T.Danila, M.Ionescu-Vaida " Componente și circuite electronice " .

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior

Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr._2_

Tema: CERCETAREA FOTOREZISTORULUI

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

SCOPUL LUCRĂRII:

- 1 Studierea proprietăților fotorezistorului.
- 2 Ridicarea și trasarea caracteristicilor curent – tensiune, adică $I_f = f(U_f) / \Phi = \text{const.}$
- 3 Ridicarea și trasarea caracteristicilor $I_f = f(\Phi) / U_f = \text{const.}$
- 4 Determinarea parametrilor de bază K_o , K_f și trasarea dependenței $R_f = f(\Phi) / U_f = \text{const.}$
- 5 În figura 1 este reprezentată schema de cercetare.

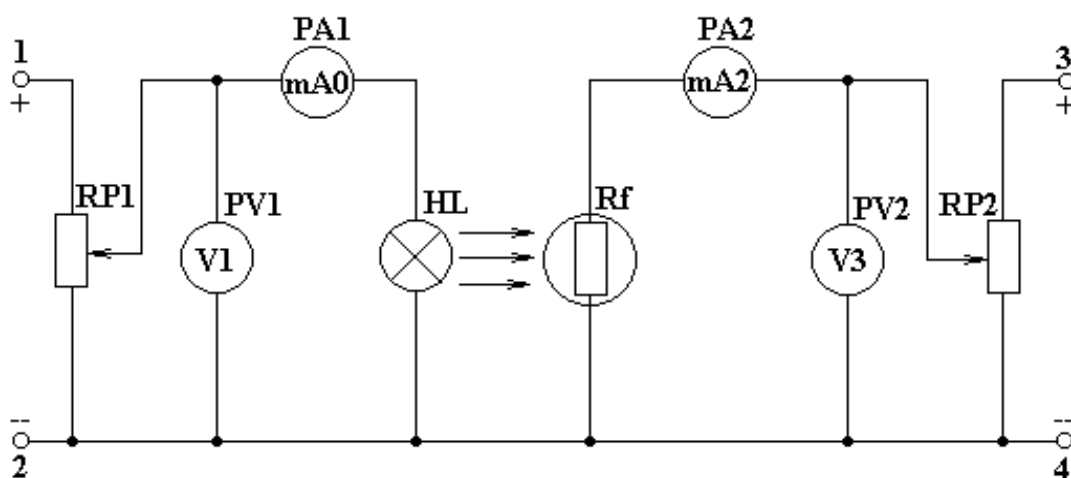


Figura 1 – Circuitul de cercetare a fotorezistorului

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

6 Starea inițială a utilajului.

6.1 Sursa de alimentare:

➤ pe poziția de jos întrerupătoarele $S1...S12$, iar $S3$ în partea stângă;

6.2 Platforma cu schema de cercetare:

➤ în partea stângă comutatoarele basculante $S2, S3, S4, S5, S9, S12, S13$, și mânerul potențimetrelor $R1, R2$ și $R3$;

➤ în partea dreaptă comutatoarele basculante $S6, S7, S10, S14$;

➤ pe poziția mijlocie comutatoarele $S1, S8, S11, S15$.

6.3 Comutatoare rotative:

$S13$ pe poziția - 5;

$S14$ " - " - " - " - " - 1;

$S15$ " - " - " - " - " - 1;

$S16$ " - " - " - " - " - 8;

$S17$ " - " - " - " - " - 8;

$S18$ " - " - " - " - " - 5;

$S19$ " - " - " - " - " - 1.

7 Realizați schema de cercetare:

7.1 De la sursa de alimentare (SA), cu ajutorul cordoanelor de legătură conectați:

➤ =12V cu punctele 1 – 2 ale platformei, respectând polaritățile, “+” în punctul 1.

➤ =50V cu punctele 3 – 4, respectând polaritățile, “+” în punctul 3.

7.2 Studiați circuitul obținut ca rezultat al conexiunilor, indicați calea parcursă de curent la cercetarea caracteristicii curent – tensiune adică $I_f = f(U_f) / \Phi = \text{const.}$

7.3 În schemă sunt utilizate;

➤ V1 cu limita 5V în calitate de PV1, care indică tensiunea becului U_b ;

➤ mAo cu limita 250mA - în calitate de PA1, care indică curentul becului HL I_b .

➤ mA2 cu limita 1mA – în calitate de PA2, indică curentul prin fotorezistor;

➤ V3 cu limita 30V – în calitate de PV2, indică tensiunea aplicată fotorezistorului U_f .

7.4 Raportați conducătorului despre pregătirea prealabilă.

7.5 Desenați tabelul 1 pentru înscrierea datelor și determinarea cu ajutorul graficului din fig. 2, fascicolului de lumină.

TABELUL 1

U_b , V	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8
I_b , mA													
P, W													
Φ , 1m													

7.6 Cu permisiunea conducătorului transferați pe poziția de sus întrerupătorul S4 al sursei de alimentare, cu mânerul potențiometrului R2 schimbați în creștere tensiunea U_b indicată de V1, conform tabelului 1 și de fiecare dată ridicați valorile curentului becului I_b , indicat de mAo. Rezultatele obținute se vor trece în tabelul 1.

7.7 După ridicarea datelor aduceți tensiunea și curentul la starea nulă cu potențiometrul R2, întrerupătorul S4 transferați-l pe poziția de jos și prezentați rezultatele conducătorului la control.

7.8 Conform rezultatelor obținute determinați puterea becului, iar cu ajutorul graficului (fig.2) determinați fascicolul de lumină pentru diverse tensiuni.

8 Desenați tabelul 2 pentru trecerea valorilor familiei caracteristicilor curent – tensiune, adică $I_f = f(U_f) / \Phi = \text{const.}$

8.1 Pentru ridicarea caracteristicilor curent – tensiune a le fotorezistorului, transferați pe poziție de sus întrerupătoarele sursei de alimentare S4 și S6.

8.2 Schimbați cu ajutorul mânerului potențiometrului R2 tensiunea becului conform tabelului 2, indicată de V1 ca rezultat și fascicolul de lumină.

8.3 Rotind cursorul potențiometrului R3 în creștere, stabiliți valorile tensiunii fotorezistorului indicate de V3, conform tabelului 2, ridicând de fiecare dată valorile curentul I_f , indicate de mA2. Rezultatele obținute se vor trece în tabelul 2.

8.4 După ridicarea datelor aduceți tensiunea și curentul la starea nulă cu potențiometrele R2 și R3 și prezentați rezultatele la control.

TABELUL 2

$U_b = 4,0V \quad \Phi =$													
U_f, V	0	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
I_f, mA													
$U_b = 4,4V \quad \Phi =$													
U_f, V	0	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
I_f, mA													
$U_b = 4,8V \quad \Phi =$													
U_f, V	0	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
I_f, mA													

8.4 După ridicarea datelor aduceți tensiunea și curentul la starea nulă cu potențiometrele $R2$ și $R3$ și prezentați rezultatele la control.

9 Desenați tabelul 3 pentru trecerea valorilor familiei caracteristicilor $I_f = f(\Phi)/U_f = const.$

9.1 Stabiliți cu ajutorul mânerului $R3$ valorile tensiunii U_f , conform tabelului 3 indicate de $V3$.

9.2 Rotind mânerul cursorului potențiometrului $R2$ în creștere, stabiliți tensiunile becului, conform tabelului 3, ridicând de fiecare dată valorile curentului I_f , indicate de $mA2$, valorile fascicolului se vor transfera din tabelul 1

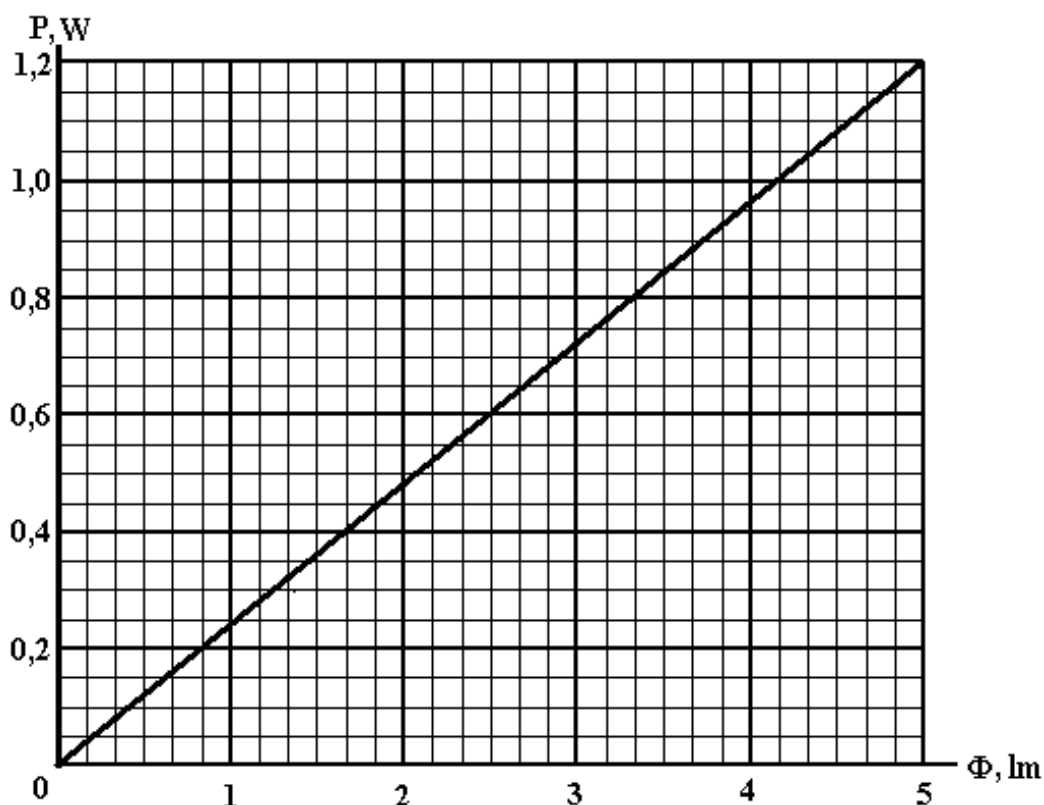


Figura 2 – Graficul dependenței $\Phi = f(P_b)$

TABELUL 3

$U_f = 24V$	U_b, V	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,4	4,8
	Φ, lm								
	I_f, mA								
	$R_f, k\Omega$								
$U_f = 26V$	U_b, V	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,4	4,8
	Φ, lm								
	I_f, mA								
	$R_f, k\Omega$								
$U_f = 28V$	U_b, V	0	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,4	4,8
	Φ, lm								
	I_f, mA								
	$R_f, k\Omega$								

9.3 După ridicarea valorilor I_f treceți din nou potențiometrele $R2$ și $R3$ pe valorile minime și prezentați rezultatele conducătorului la control.

10 Cu permisiunea conducătorului transferați pe poziție de jos întrerupătoarele sursei de alimentare $S4$ și $S6$, și desfaceți toate legăturile de circuit.

11 Conform tabelelor 2 și 3 trasați caracteristicile $I_f = f(U_f) / \Phi = const, I_f = f(\Phi) / U_f = const.$, iar conform tabelului 3, $R_f = f(\Phi) / U_f = const.$ și determinați parametrii K_o și K_f .

12 În concluzie răspundeți adăugător la următoarele întrebări;

a) care – i efectul de bază în lucrul fotorezistorului?;

b) cum variază fotocurentul cu variația temperaturii?.

13 Formule pentru calcule:

Sensibilitatea specifică;

$$K_o = \frac{I_f}{U_f \cdot \Phi} \left[\frac{\mu A}{lm \cdot V} \right];$$

Sensibilitatea integrală;

$$K_f = \frac{I_f}{\Phi} \left[\frac{\mu A}{lm} \right];$$

14 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

BIBLIOGRAFIE:

- 1 T. Dănilă, M. Ionescu – Vaida “Componente și circuite electronice”;
- 2 E. Damachi ș.a. “Electronică”;
- 3 Г.С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;
- 4 А.К. Криштафович, В.В. Трифонюк «ОПЭ».

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 3

Tema: CERCETAREA DIODELOR SEMICONDUCTOARE DE REDRESARE ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

Cd1 – să studieze procesele fizice care se produc în diodele redresoare cu semiconductori;

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze caracteristicile curent-tensiune, adică $I_{dir} = f(U_{dir})$ și $I_{ind} = f(U_{ind})$;

Cd4 – să determine parametrii de bază; S , R_{dir} , R_{ind} și K_{red} .

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În *figura 1* sunt reprezentate schemele de cercetare.

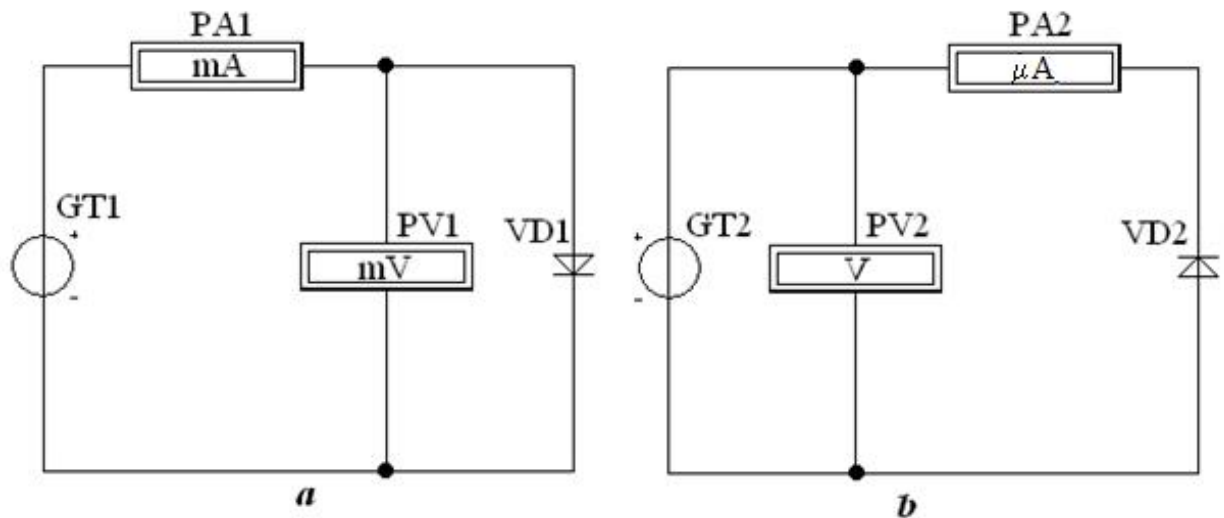


Figura 1 – Schemele de cercetare a diodelor redresoare
a – polarizarea directă a diodei redresoare; *b* – polarizarea indirectă a diodei

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicii curent – tensiune pentru polarizarea directă a joncțiunii;

1.1 Accesați programul „*Electronics Workbench*”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „*luc_lab_deme*” din discul „*D*”, intrați în mapa „*diode*” și deschideți fișierul „*diod_red_01.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- G1 – în calitate de generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii directe;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului direct – I_{dir} ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii directe – U_{dir} ;
- VD1 – dioda din germaniu Ge;
- VD2 – dioda din siliciu Si;

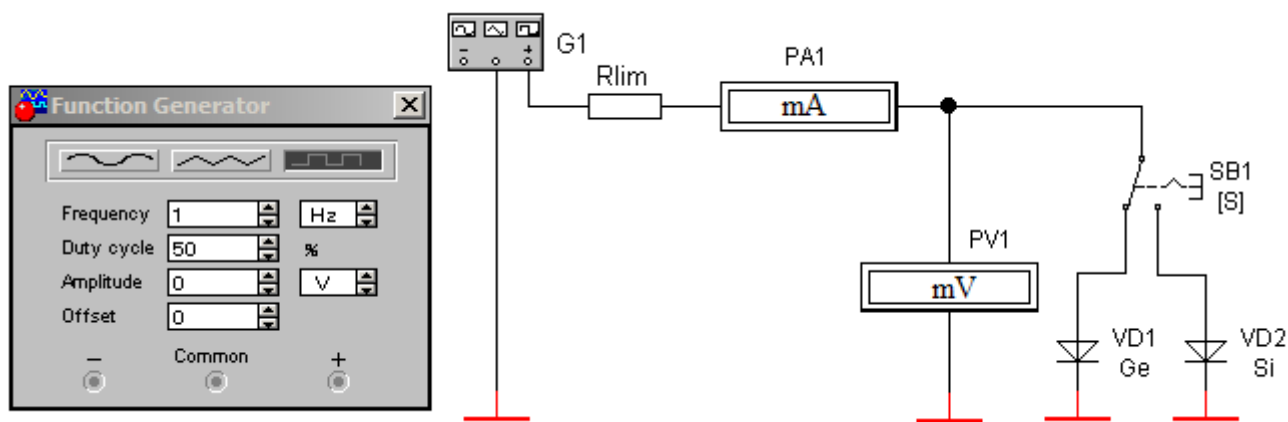
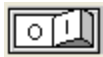


Figura 2 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor curent-tensiune $I_{dir} = f(U_{dir})$

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor caracteristicilor $I_{dir} = f(U_{dir})$, la polarizarea directă a diodelor din Ge și Si.

Tabelul 1 – Rezultatele caracteristicilor curent-tensiune adică $I_{dir}=f(U_{dir})$

Diodă din germaniu Ge															
U _{offset}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
U _{dir} ,mV															
I _{dir} , mA															
Diodă din siliciu Si															
U _{offset}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
U _{dir} ,mV															
I _{dir} , mA															

1.1.2 Aplicați alimentare circuitului prin acționarea butonului  (din dreapta sus) și ridicați valorile U_{dir} și I_{dir} , pentru dioda din germaniu, treceți rezultatele în tabelul 1, apoi schimbați valorile tensiunii de *offset* conform tabelului 1, ridicând de fiecare dată valorile tensiunii U_{dir} și curentului I_{dir} , rezultatele se trec în tabelul 1. Apoi cuplați, dioda din siliciu cu ajutorul comutatorului SB1 (prin accesarea butonului S a claviaturii) și repetați experiența.

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2 Treceți la ridicarea caracteristicilor curent – tensiune, pentru polarizarea indirectă a diodelor din Ge și Si, adică $I_{ind} = f(U_{ind})$.

2.1 Cercetarea diodelor la polarizarea indirectă a joncțiunilor se efectuează în următorul mod; deschideți fișierul „diod_red_02.ewb”, pe ecran apare circuitul din

figura 3.

În circuit sunt utilizate:

- PA1 – microampermetru pentru măsurarea curentului indirect – I_{ind} ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii indirecte – U_{ind} ;
- VD1 – dioda din germaniu Ge;
- VD2 – dioda din siliciu Si;
- G1 – în calitate de generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii

indirecte;

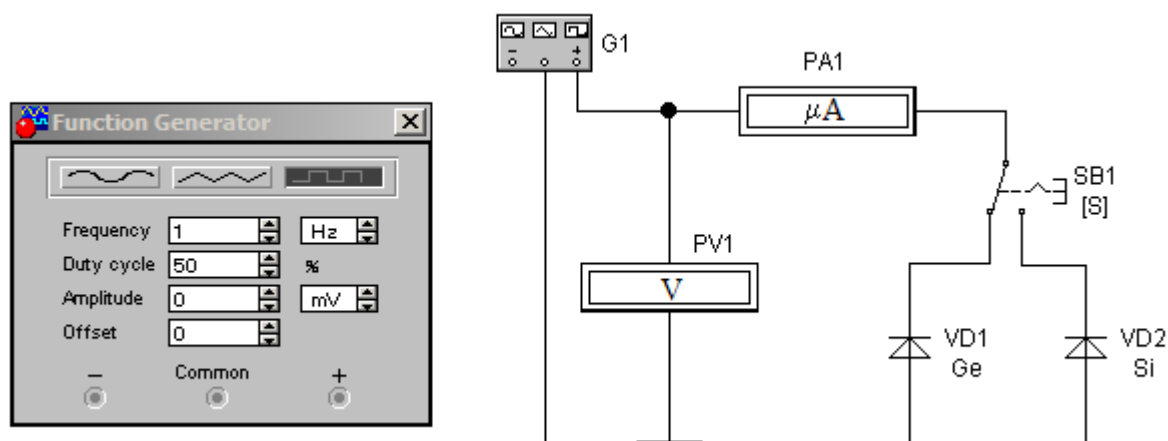


Figura 3 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor indirecte adică $I_{ind} = f(U_{ind})$

2.1.1 Desenați tabelul 2 pentru ridicarea datelor caracteristicilor $I_{ind} = f(U_{ind})$, la polarizarea indirectă a diodelor din Ge și Si.

Tabelul 2 – Rezultatele caracteristicilor curent-tensiune adică $I_{ind} = f(U_{ind})$

Dioda din germaniu Ge												
U_{offset}	0	0,01	0,03	0,05	1	4	8	12	16	20	24	28
U_{ind}, V												
$I_{ind}, \mu A$												
Dioda din siliciu Si												
U_{offset}	0	0,01	0,03	0,05	1	4	8	12	16	20	24	28
U_{ind}, V												
$I_{ind}, \mu A$												

2.1.2 Aplicați alimentare circuitului prin acționarea butonului  (din dreapta sus) și ridicați valorile U_{ind} și I_{ind} , pentru dioda din germaniu, treceți rezultatele în tabelul 2, apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 2, ridicând de fiecare dată valorile tensiunii U_{ind} și curentului I_{ind} , rezultatele se trec în tabelul 2. Apoi cuplați, dioda din siliciu cu ajutorul comutatorului SB1(prin accesarea butonului S a claviaturii) și repetați experiența.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelului 1 trasați caracteristicile curent – tensiune, pentru dioda din Ge și Si, la polarizarea directă, adică $I_{dir} = f(U_{dir})$ (pe o sistemă de coordonate) și cele la polarizarea indirectă, adică $I_{ind} = f(U_{ind})$ (pe o altă sistemă de coordonate), cu ajutorul cărora determinați parametrii de bază ai diodelor. Pentru trasarea caracteristicilor folosiți programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea parametrilor de bază e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule:

➤ Panta caracteristicii S:

$$S = \frac{\Delta I_{dir}}{\Delta U_{dir}} \left[\frac{mA}{V} \right];$$

➤ Rezistența la polarizarea directă R_{dir} :

$$R_{dir} = \frac{\Delta U_{dir}}{\Delta I_{dir}} [\Omega];$$

➤ Rezistența la polarizarea indirectă R_{ind} :

$$R_{ind} = \frac{\Delta U_{ind}}{\Delta I_{ind}} [\Omega];$$

➤ Factorul de redresare K_{red} :

$$K_{red} = \frac{\Delta I_{dir}}{\Delta I_{ind}} [·];$$

$$K_{red} = \frac{R_{ind}}{R_{dir}}.$$

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ De ce curentul direct I_{dir} este mult mai mare ca curentul indirect I_{ind} ?

➤ De ce R_{ind} este mult mai mare ca R_{dir} ?

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

- 1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;
- 2 E. Damachi s. a. “Electronică”.
- 3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;
- 4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы».

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 4

Tema: CERCETAREA DIODELOR ZENER ȘI STABISTORULUI ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

Cd1 – să studieze procesele fizice care se produc în diodele stabistoare și Zener pe baza programului *Electronics Workbench*;

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze caracteristicile curent-tensiune a diodei stabistoare și Zener, adică $I_{dir} = f(U_{dir})$ și $I_{st} = f(U_{st})$, precum și $U_{st} = f(U_{in})/R_{lim} = const.$;

Cd4 – să determine parametrii de bază; R_{st} , $R_{dif,st}$, $R_{st,z}$, $R_{dif,z}$, K_{st} și R_{lim} .

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În figura 1 sunt reprezentate schemele de cercetare.

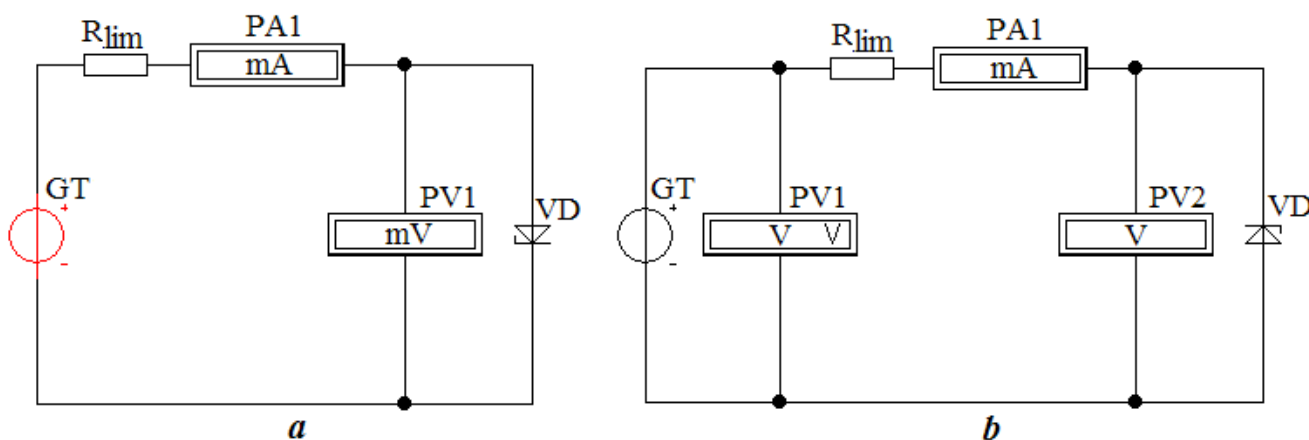


Figura 1 – Schemele de cercetare a diodelor stabistoare și Zener
a – polarizarea directă a diodei Zener (stabistorul); b – polarizarea indirectă a diodei Zener

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicii curent – tensiune pentru polarizarea directă a joncțiunii (dioda stabistoare);

1.1 Accesați programul „*Electronics Workbench*”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „*luc_lab_deme*” din discul „D”, intrați în mapa „*diode*” și deschideți fișierul „*diod_zen_01.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- G1 – în calitate de generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii directe;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului direct – I_{dir} ;
- PV1 – milivoltmetru pentru măsurarea tensiunii directe – U_{dir} ;
- VD1, VD2 – diode Zener (stabistoare);
- R_{lim} – rezistor limitator, pentru limitarea curentului direct;

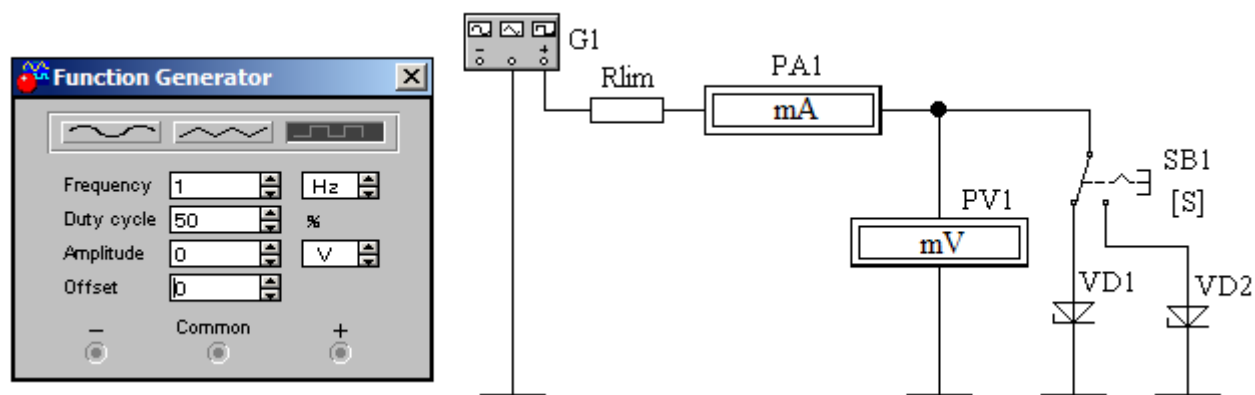


Figura 2 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor curent-tensiune $I_{dir} = f(U_{dir})$

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor caracteristicilor $I_{dir} = f(U_{dir})$, la polarizarea directă a diodelor Zener (stabistoarelor).

Tabelul 1 – Rezultatele caracteristicilor curent-tensiune adică $I_{dir} = f(U_{dir})$

Diodă VD1														
U_{offset}	0	2	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10	12
U_{dir}, mV														
I_{dir}, mA														

Diodă VD2														
U_{offset}	0	2	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	10	12
U_{dir}, mV														
I_{dir}, mA														

1.1.2 Aplicați alimentare circuitului prin acționarea butonului  (din dreapta sus) și ridicați valorile U_{dir} și I_{dir} , pentru dioda stabistoare VD1, treceți rezultatele în tabelul 1, apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 1, ridicând de fiecare dată valorile tensiunii U_{dir} și curentului I_{dir} , rezultatele se trec în tabelul 1. Apoi cuplați, dioda stabistoare VD2 cu ajutorul comutatorului SB1 (prin accesarea butonului S a claviaturii) și repetați experiența.

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2 Treceți la ridicarea caracteristicilor curent – tensiune, pentru polarizarea indirectă a joncțiunii diodei Zener, adică $I_{ind} = f(U_{ind})$ ori $I_{st} = f(U_{st})$.

2.1 Cercetarea diodei Zener, la polarizarea indirectă a joncțiunilor, se efectuează în următorul mod; deschideți fișierul „diod_zen_02.ewb”, pe ecran apare circuitul din figura 3.

În circuit sunt utilizate:

- G1 – generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii de intrare U_{in} ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii de intrare – U_{in} ;
- R_{lim1} , R_{lim2} – rezistoare limitatoare de curent;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului indirect – I_{ind} , (I_{st});
- PV2 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii indirecte U_{ind} , (U_{st});
- VD – dioda Zener;

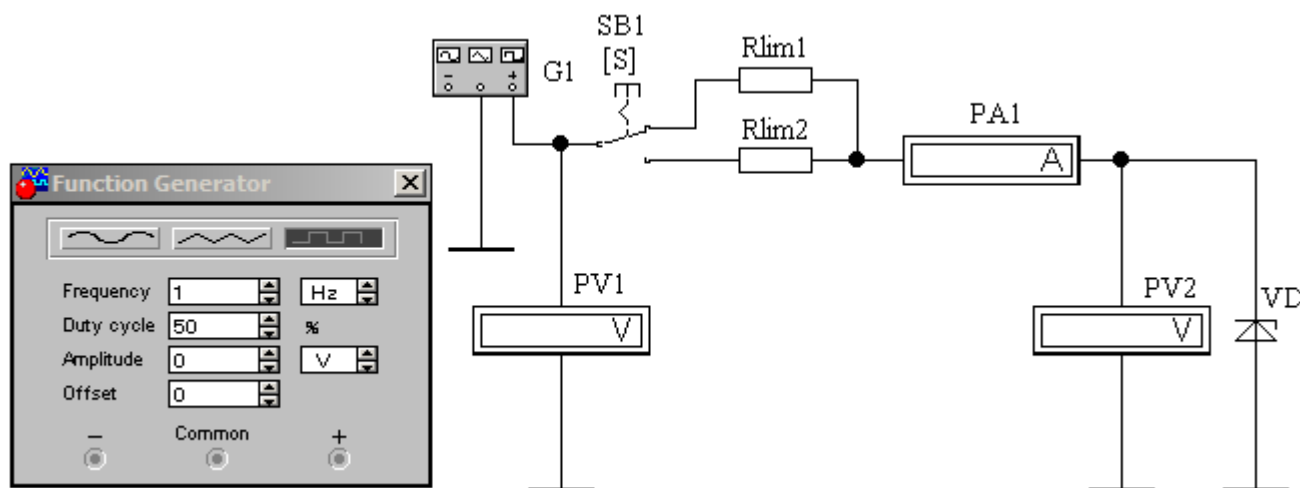


Figura 3 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor curent – tensiune ale diodei Zener adică $I_{st} = f(U_{st})$

2.1.1 Desenați tabelul 2 pentru ridicarea datelor caracteristicilor $I_{st} = f(U_{st})/R_{lim} = const$, și $U_{st} = f(U_{int})/R_{lim} = const$ ale diodei Zener.

Tabelul 2 – Rezultatele caracteristicilor diodei Zener

$R_{lim1} =$												
U_{offset}	0	2	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
U_{int}, V												
I_{st}, mA												
U_{st}, mA												
$R_{lim2} =$												
U_{offset}	0	2	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
U_{int}, V												
I_{st}, mA												
U_{st}, mA												

2.1.2 Aplicați alimentare circuitului prin acționarea butonului  (din dreapta sus) și ridicați valorile U_{in} , I_{st} și U_{st} , pentru R_{lim1} , treceți rezultatele în tabelul 2, apoi schimbați valorile tensiunii de *offset* conform tabelului 2, ridicând de fiecare dată valorile U_{int} , I_{st} și U_{st} , rezultatele se trec în tabelul 2. Apoi cuplați, rezistorul limitator R_{lim2} cu ajutorul comutatorului SB1 (prin accesarea butonului S a claviaturii) și repetați

experiența.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelului 1 trasați caracteristicile curent – tensiune, pentru diodele stabistoare (la polarizarea directă), adică $I_{dir} = f(U_{dir})$ (pe o sistemă de coordonate), pentru dioda Zener, adică $I_{st} = f(U_{st})/R_{lim} = const$ și $U_{st} = f(U_{int})/R_{lim} = const$ (pe sisteme de coordonate aparte), cu ajutorul cărora determinați parametrii de bază ai diodelor stabilizatoare. Pentru trasarea caracteristicii lor folosiți programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea parametrilor de bază e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule:

➤ Rezistențele statice pentru dioda stabistoare și Zener respectiv $R_{st.s}$, $R_{st.z}$:

$$R_{st.s} = \frac{U_{dir.s}}{I_{dir.s}} [\Omega]; \quad R_{st.z} = \frac{U_z}{I_z} [\Omega];$$

➤ Rezistențele diferențiale ale stabistoarelor și Zener respectiv $R_{dif.s}$, $R_{dif.z}$:

$$R_{dif.s} = \frac{\Delta U_{dir.s}}{\Delta I_{dir.s}} [\Omega]; \quad R_{dif.z} = \frac{\Delta U_{dir.z}}{\Delta I_{dir.z}} [\Omega];$$

➤ Factorul de stabilizare a diodei Zener K_{st} :

$$K_{st} = \frac{\Delta U_{int}}{U_{int}} / \frac{\Delta U_{st}}{U_{st}} [·];$$

➤ Rezistența rezistorului limitator R_{lim} :

$$R_{lim} = \frac{U_{int} - U_{st}}{I_{st}} [\Omega].$$

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ Care din străpungeri se întâlnesc în diodele Zener?

➤ Asupra căror parametri ai diodei Zener influențează R_{lim} ?

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

- 1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;
- 2 E. Damachi s. a. “Electronică”.
- 3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;
- 4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы»;

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 5

Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR ÎN CONEXIUNEA BC ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: elevii vor dobândi competențele:

Cd1 – să studieze proprietățile tranzistorului bipolar în conexiunea BC pe baza programului *Electronics Workbench*;

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze familiile caracteristicilor de intrare și ieșire pentru conexiunea BC, adică $I_e = f(U_{e-b}) / U_{c-b} = \text{const}$ și $I_c = f(U_{c-b}) / I_e = \text{const.}$;

Cd4 – să determine h - parametrii pentru conexiunea BC;

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În figura 1 este reprezentată schema de cercetare.

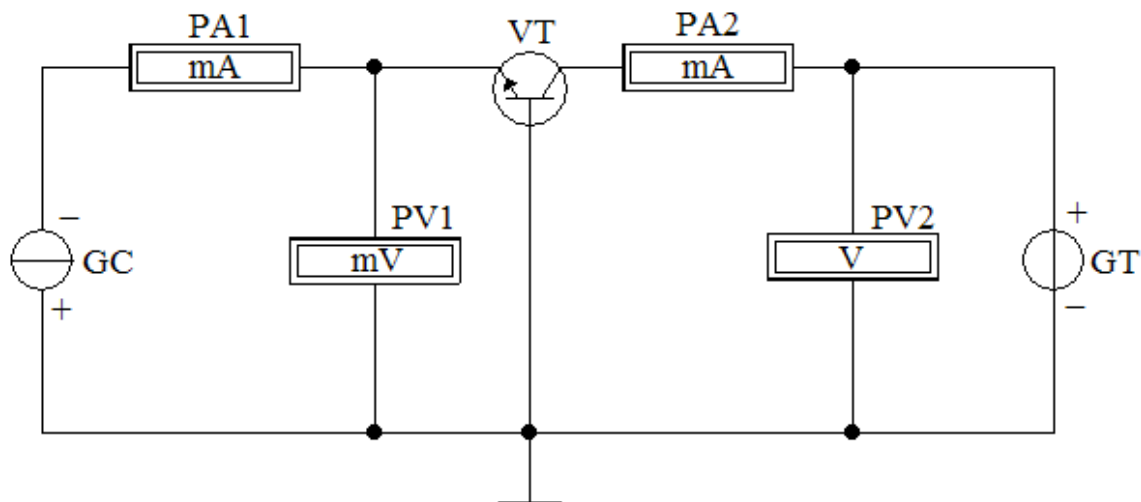


Figura 1 – Schema de cercetare a tranzistorului bipolar în conexiunea BC

DESĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicilor de intrare;

1.1 Accesați programul „*Electronics Workbench*”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „*luc_lab_deme*” din discul „D”, intrați în mapa „*tr_bipol_BC*” și deschideți fișierul „*tr_bip_bc_01.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- G1 – în calitate de generator de curent din circuitul emitorului;
- PA1 – miliampermetrul pentru măsurarea curentului emitorului – I_e ;
- PV1 – milivoltmetru pentru măsurarea tensiunii emitor–bază – U_{e-b} ;
- GT1,GT2 – generatoare de tensiune, pentru aplicarea U_{c-b} .

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de intrare.

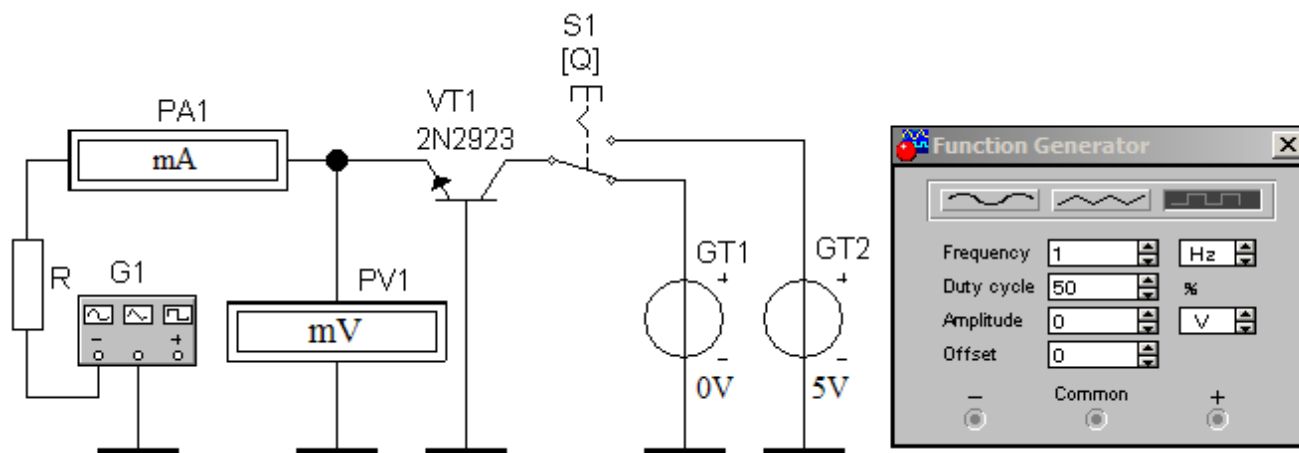


Figura 2 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor de intrare $I_e = f(U_{e-b})/U_{c-b} = \text{const.}$
Tabelul 1 – Rezultatele familiei caracteristicilor de intrare adică $I_e = f(U_{e-b})/U_{c-b} = \text{const.}$

U _{c-b} , V		Offset									
		0	1	2	3	4	6	8	10	12	14
0	I _e , mA										
	U _{e-b} ,mV										
5	I _e , mA										
	U _{e-b} ,mV										

1.1.2 Stabiliți tensiunea $U_{c-b} = 0V$ cu ajutorul comutatorului $S1$, trecându-l pe poziția de jos (trecerea se efectuează prin acționarea butonului Q al tastierei), stabiliți ieșirea generatorului $G1$ conform figurii 2, aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile I_e și U_{e-b} , apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 1 ridicând de fiecare dată valorile curentului și tensiunii, rezultatele se trec în tabelul 1. Apoi cuplați, cu ajutorul butonului $S1$, generatorul $G3$ și repetați experiența.

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2 Treceți la ridicarea caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-b})/I_e = \text{const.}$

2.1 Deschideți fișierul „tr_bip_bc_02.ewb”, pe ecran apare circuitul din figura 3.

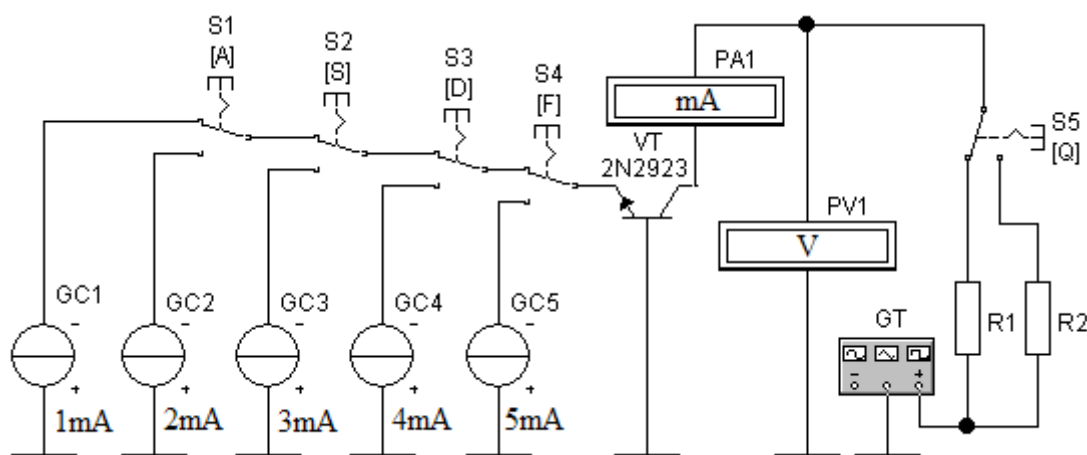


Figura 3 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-b})/I_e = \text{const.}$

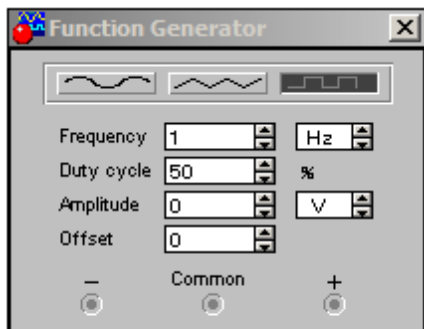


Fig. 3a - Starea inițială a generatorului de tensiune

În circuit sunt utilizate:

- GC1, GC2, GC3, GC4, GC5 – generatoare de curent din circuitul bazei;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului colectorului – I_c ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii colector - baza – U_{c-b} ;
- GT – generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii – U_{c-e} .

2.1.1 Desenați tabelul 2 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de ieșire.

Tabelul 2 – Rezultatele familiei caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-b})/I_e = \text{const.}$

I_e , mA		Offset											
		0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20
1	$R1 = 2,5 \text{ k}\Omega$												
	U_{c-b} , V												
	I_c , mA												
2	$R1 = 2,5 \text{ k}\Omega$												
	U_{c-b} , V												
	I_c , mA												
3	$R1 = 2,5 \text{ k}\Omega$												
	U_{c-b} , V												
	I_c , mA												
4	$R2 = 820 \Omega$												
	U_{c-b} , V												
	I_c , mA												
5	$R2 = 820 \Omega$												
	U_{c-b} , V												
	I_c , mA												

2.1.2 Stabiliți curentul bazei $I_e = 1\text{mA}$ cu ajutorul comutatorului S1 și valoarea rezistoarelor R1ori R2 cu S5 conform tabelului 2, trecând comutatoarele S1, S5 pe pozițiile respective (trecerea se efectuează prin acționarea butonului A și Q ale tastierei), stabiliți ieșirea generatorului GT conform figurii 3, aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile U_{c-b} și I_c apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 2 ridicând de fiecare dată valorile tensiunii și curentului, rezultatele se trec în tabelul 2. Apoi cuplați, cu ajutorul butonului S1, generatorul GC2 și repetați experiența, celelalte generatoare se cuplează cu S2, S3, S4 iar rezistoarele R1,R2 cu S5.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelelor 1 și 2 trasați caracteristicile de intrare și ieșire, adică $I_e = f(U_{e-b}) / U_{c-b} = \text{const}$ și $I_c = f(U_{c-b}) / I_e = \text{const}$ cu ajutorul cărora determinați h – parametrii. Pentru trasarea caracteristicilor folosiți programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea h – parametrilor e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule:

➤ *Rezistența de intrare:*

$$h_{1.1b} = \frac{\Delta U_{e-b}}{\Delta I_e} [\Omega];$$

➤ *Factorul de reacție:*

$$h_{1.2b} = \frac{\Delta U_{e-b}}{\Delta U_{c-b}} [·];$$

➤ *Factorul de transfer în curent;*

$$h_{2.1b} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_e} [·];$$

➤ *Conductivitatea de ieșire:*

$$h_{2.2b} = \frac{\Delta I'_c}{\Delta U_{c-b}} [S].$$

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ *Indicați legătura dintre α și β .*

➤ *Avantajele și dezavantajele conexiunii BC.*

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;

2 E. Damachi s. a. “Electronică”.

3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;

4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы»;

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 6

Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR ÎN CONEXIUNEA EC ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

Cd1 – să studieze proprietățile tranzistorului bipolar în conexiunea EC pe baza programului *Electronics Workbench*;

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze familiile caracteristicilor de intrare și ieșire pentru conexiunea EC, adică $I_b = f(U_{b-e}) / U_{c-e} = \text{const}$ și $I_c = f(U_{c-e}) / I_b = \text{const.}$;

Cd4 – să determine h - parametrii pentru conexiunea EC;

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În *figura1* este reprezentată schema de cercetare.

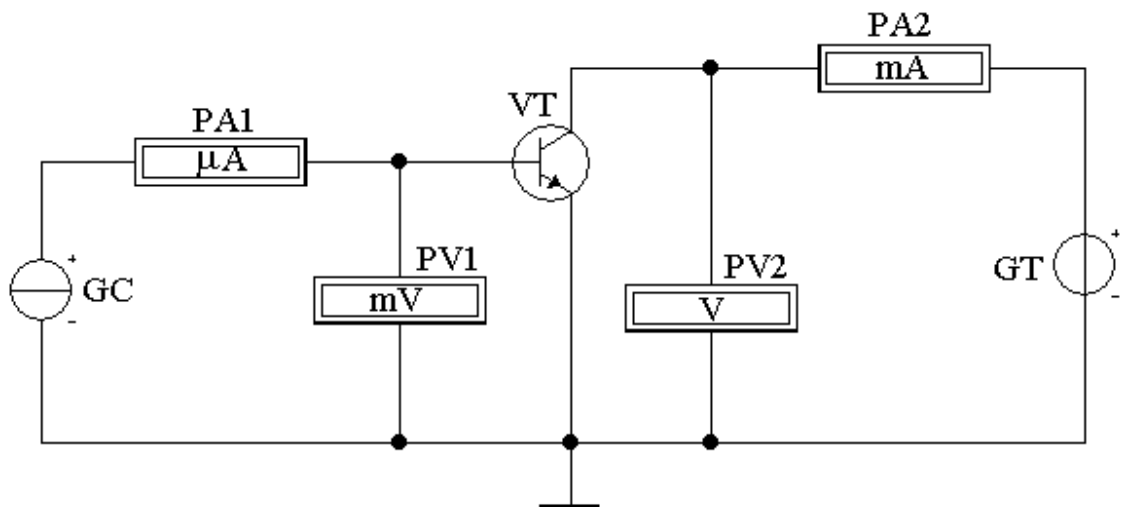


Figura 1 – Schema de cercetare a tranzistorului bipolar în conexiunea EC

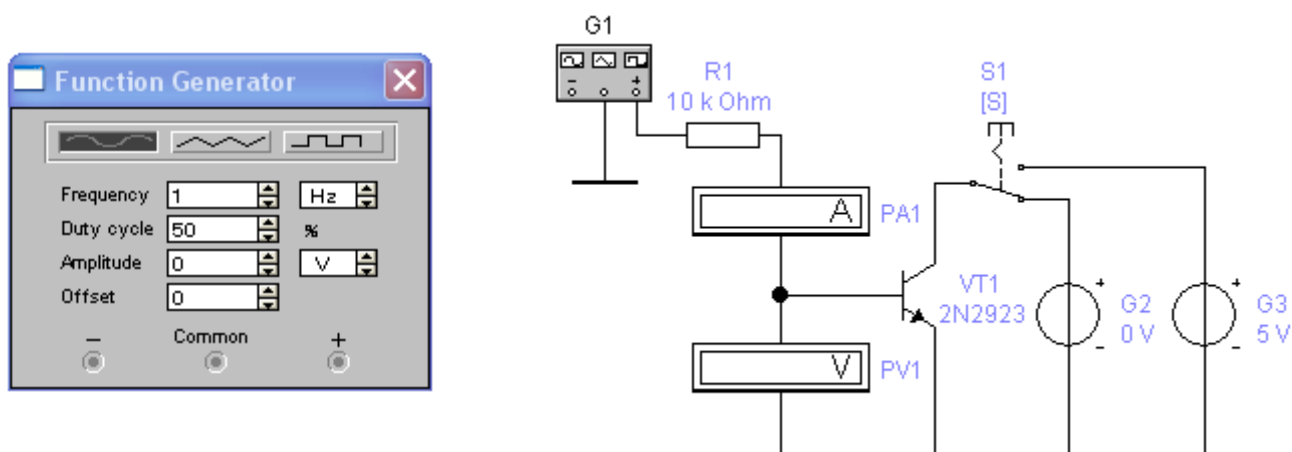
DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicilor de intrare;

1.1 Accesați programul „*Electronics Workbench*”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „*luc_lab_deme*” din discul „D”, intrați în mapa „*tr_bipol_EC*” și deschideți fișierul „*tr_bip_ec_01.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- G1 – în calitate de generator de curent din circuitul bazei;
- PA1 – microampermetru pentru măsurarea curentului bazei – I_b ;
- PV1 – milivoltmetru pentru măsurarea tensiunii bază emitor – U_{b-e} ;

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de intrare.



Tabelul 1 – Rezultatele familiei caracteristicilor de intrare adică $I_b = f(U_{b-e})/U_{c-e} = const.$

[illegible]

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2.1 Deschideți fișierul „*tr bip ec 02.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 3.

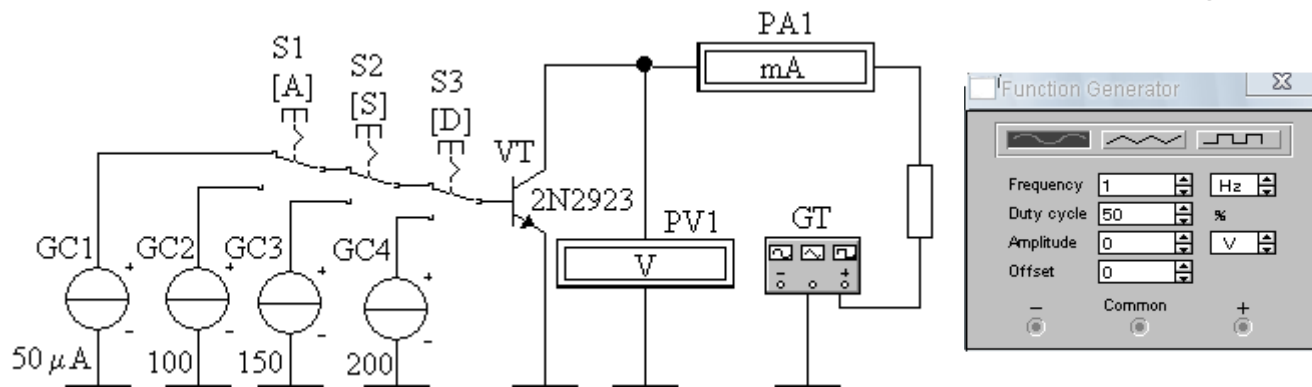


Figura 3 – Circuitul de ridicare a caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-e})/I_b = \text{const.}$

În circuit sunt utilizate:

- GC1, GC2, GC3, GC4 – generatoare de curent din circuitul bazei;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului colectorului – I_c ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii colector - emitor – U_{c-e} ;
- GT – generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii – U_{c-e} .

2.1.1 Desenați tabelul 2 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de ieșire.

Tabelul 2 – Rezultatele familiei caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-e})/I_b = \text{const.}$

	Offset													
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
$I_b = 10\mu A$														
U_{c-e}, V														
I_c, mA														
$I_b = 50\mu A$														
U_{c-e}, V														
I_c, mA														
$I_b = 100\mu A$														
U_{c-e}, V														
I_c, mA														
$I_b = 150\mu A$														
U_{c-e}, V														
I_c, mA														
$I_b = 200\mu A$														
U_{c-e}, V														
I_c, mA														

2.1.2 Stabiliți curentul bazei $I_b = 50\mu A$ cu ajutorul comutatorului $S1$, trecându-l pe poziția de sus (trecerea se efectuează prin acționarea butonului A), stabiliți ieșirea generatorului GT conform figurii 3, aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile U_{c-e} și I_c apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 2 ridicând de fiecare dată valorile tensiunii și curentului, rezultatele se trec în tabelul 2. Apoi cuplați, cu ajutorul butonului $S1$, generatorul $GC2$ și repetați experiența, celelalte generatoare se cuplează cu $S2, S3$.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelelor 1 și 2 trasați caracteristicile de intrare și ieșire, adică $I_b = f(U_{b-e}) / U_{c-e} = \text{const}$ și $I_c = f(U_{c-e}) / I_b = \text{const}$ cu ajutorul cărora determinați h – parametrii. Pentru trasarea caracteristicilor folosiți programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea h – *parametrilor* e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule

➤ *Rezistența de intrare:*

$$h_{1.1e} = \frac{\Delta U_{b-e}}{\Delta I_b} [\Omega];$$

➤ *Factorul de reacție:*

$$h_{1.2e} = \frac{\Delta U_{b-e}}{\Delta U_{c-e}} [·];$$

➤ *Factorul de amplificare în curent;*

$$h_{2.1e} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} [·];$$

➤ *Conductivitatea de ieșire:*

$$h_{2.2e} = \frac{\Delta I'_c}{\Delta U_{c-e}} [S].$$

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ *Din ce cauză și cum aducem curentul bazei la minimum?*

➤ *Avantajele și dezavantajele conexiunii EC.*

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;

2 E. Damachi s. a. “Electronică”.

3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;

4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы».

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 7

Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI CU EFECT DE CÂMP TEC-j ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis , efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

1 Cd1 – să studieze proprietățile tranzistorului cu efect de câmp TEC-j pe baza programului *Electronics Workbench*.

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze familiile caracteristicilor de transfer și ieșire pentru TEC – j, adică $I_d = f(U_{g-s})/U_{d-s} = \text{const}$ și $I_d = f(U_{d-s})/U_{g-s} = \text{const.}$;

Cd4 – să determine parametrii de bază S , $R_{\sim int}$, μ , D ;

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În figura 1 este reprezentată schema de cercetare.

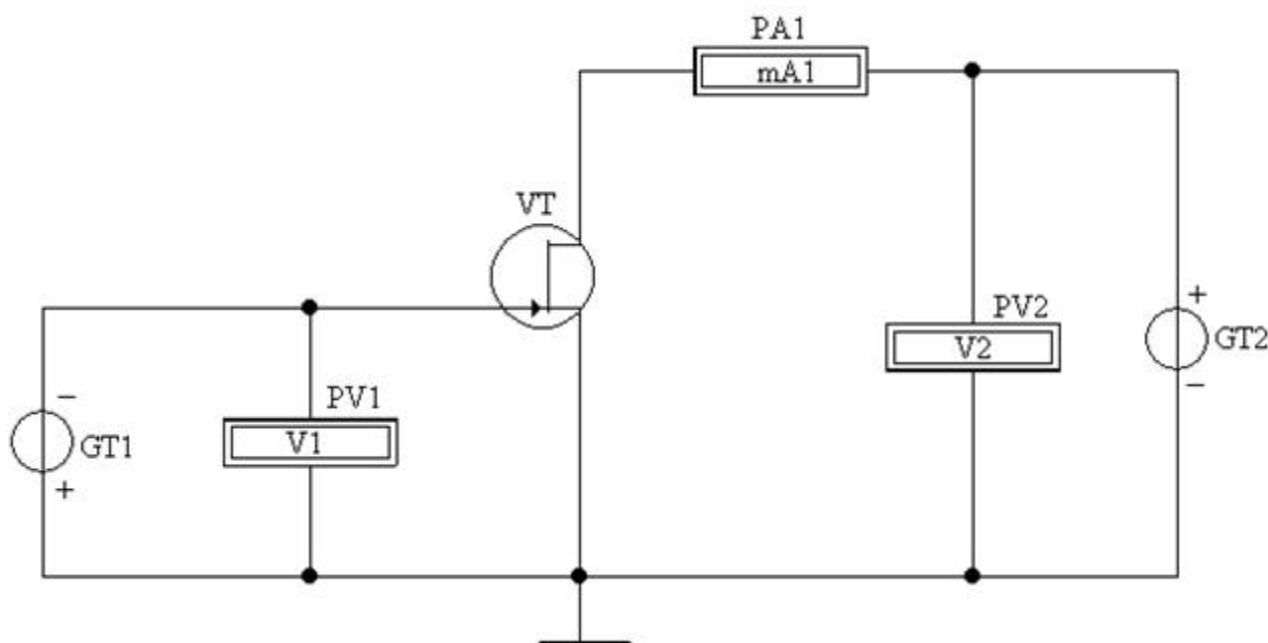


Figura 1 — Schema de cercetare a tranzistorului cu efect de câmp TEC – j

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicilor de intrare;

1.1 Accesați programul „*Electronics Workbench*”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „*luc_lab_deme*” din discul „*D*”, intrați în mapa „*tr_tec*” și deschideți fișierul „*tr_tec_01.ewb*”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- GT1 - în calitate de generator de tensiune din circuitul grilei;
- PAI - miliampermetru pentru măsurarea curentului drenei - I_d ;
- PV1 - voltmetru pentru măsurarea tensiunii grilă - sursă - U_{g-s} ;
- GT2, GT3 - generatoare de tensiune, pentru aplicarea U_{d-s} .

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de transfer.

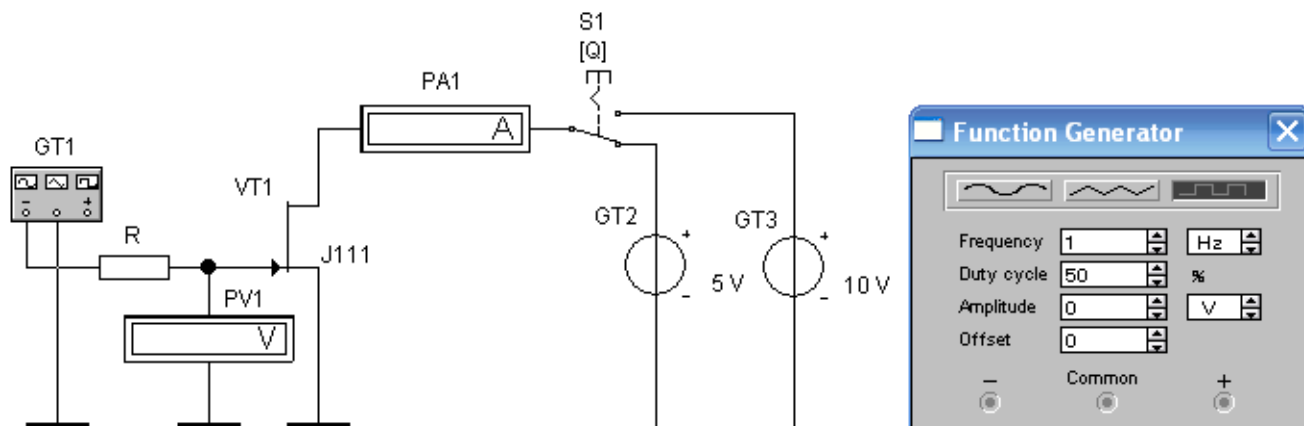


Figura 2 — Circuitul de ridicare a caracteristicilor de transfer $I_d = f(U_{g-s})/U_{d-s} = \text{const.}$

Tabelul 1 - Rezultatele familiei caracteristicilor de transfer adică $I_d = f(U_{g-s})/U_{d-s} = \text{const.}$

U_{d-s}, V		Offset									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	I_d, mA										
	U_{g-s}, V										
10	I_d, mA										
	U_{g-s}, V										

1.1.2 Stabiliți tensiunea $U_{d-s} = 5V$ cu ajutorul comutatorul SI , trecându-l pe poziția de jos (trecerea se efectuează prin acționarea butonului Q al tastierei), stabiliți ieșirea generatorului $GT1$ conform figurii 2, aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile I_d și U_{g-s} apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 1, ridicând de fiecare dată valorile curentului și tensiunii, rezultatele se trec în tabelul 1. Apoi cuplați, cu ajutorul butonului SI , generatorul $GT3$ și repetați experiența.

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2 Treceți la ridicarea caracteristicilor de ieșire adică $I_d = f(U_{d-s})/U_{g-s} = \text{const.}$

2.1 Deschideți fișierul „tr_tec_02.ewb”, pe ecran apare circuitul din figura 3.

În circuit sunt utilizate:

- PAI - miliampermetru pentru măsurarea curentului drenei - I_d ;
- PV1 - voltmetru pentru măsurarea tensiunii drenă - sursă - U_{d-s} ;
- GT - generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii - U_{d-s} .

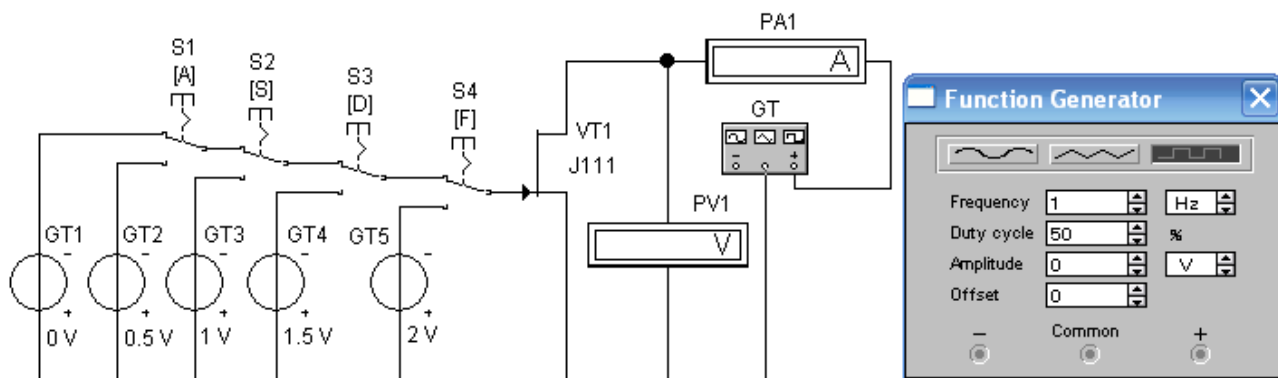


Figura 3–Circuitul de ridicare a caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-e})/I_b = \text{const.}$

2.1.1 Desenați tabelul 2 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de ieșire.

Tabelul 2 - Rezultatele familiei caracteristicilor de ieșire adică $I_d = f(U_{d-s})/U_{g-s} - \text{const.}$

		Offset													
		0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
$U_{g-s} = 0V$															
U_{d-s}, V															
I_d, mA															
$U_{g-s} = 0,5V$															
U_{d-s}, V															
I_d, mA															
$U_{g-s} = 1,0V$															
U_{d-s}, V															
I_d, mA															
$U_{g-s} = 1,5V$															
U_{d-s}, V															
I_d, mA															
$U_{g-s} = 2,0V$															
U_{d-s}, V															
I_d, mA															

2.1.2 Stabiliți tensiunea grilă - sursă $U_{g-s} = 0 V$ cu ajutorul comutatorului $S1$, trecându-l pe poziția de sus (trecerea se efectuează prin acționarea butonului A al tasterei), stabiliți ieșirea generatorului GT conform figurii 3, aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile U_{d-s} și I_d , apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 2 ridicând de fiecare dată valorile tensiunii și curentului, rezultatele se trec în tabelul 2. Apoi cuplați, cu ajutorul butonului $S1$, generatorul $GT2$ și repetați experiența, celelalte generatoare se cuplează cu $S2, S3, S4$.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelelor 1 și 2 trasați caracteristicile de transfer și ieșire, adică $I_d = f(U_{g-s})/U_{d-s} = \text{const.}$ și $I_d = f(U_{d-s})/U_{g-s} = \text{const.}$ cu ajutorul cărora determinați *parametrii de bază* adică S , $R_{\sim \text{int}}$, μ și D . Pentru trasarea caracteristicilor folosiți programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea *parametrilor* e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule:

➤ *Panta caracteristicii S:*

$$S = \frac{\Delta I_d}{\Delta U_{g-s}} \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}} \right];$$

➤ *Rezistența interioară la curent alternativ $R_{\sim \text{int}}$:*

$$R_{\sim \text{int}} = \frac{\Delta U_{d-s}}{\Delta I_d'} [\Omega];$$

➤ *Factorul de amplificare în tensiune μ :*

$$\mu = \frac{\Delta U_{d-s}}{\Delta U_{g-s}} [\cdot];$$

➤ *Permiabilitatea tranzistorului D:*

$$D = \frac{\Delta U_{g-s}}{\Delta U_{d-s}} = \frac{1}{\mu} [\cdot];$$

➤ *Verificați respectarea ecuației interne a tranzistorului;*

$$\mu = S \cdot R_{\sim \text{int}}.$$

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ *De unde provin denumirile; cu efect de câmp și unipolar?*

➤ *Avantajele tranzistorului cu efect de câmp.*

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

BIBLIOGRAFIE :

1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;

2 E. Damachi s. a. “Electronică”.

3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;

4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы».

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr.8

Tema: CERCETAREA TIRISTORULUI ÎN BAZA PROGRAMULUI *ELECTRONICS WORKBENCH*

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

Cd1 – să studieze proprietățile tiristorului în baza programului *Electronics Workbench*.

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze caracteristicile curent-tensiune, adică $I_a = f(U_{a-c}) / I_{com} = const.$ și cea de pornire, adică $U_{deb} = f(I_{com}) / R_{lim} = const.$;

Cd4 – să determine parametri de bază pe caracteristica curent-tensiune;

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În figura 1 este reprezentată schema de cercetare.

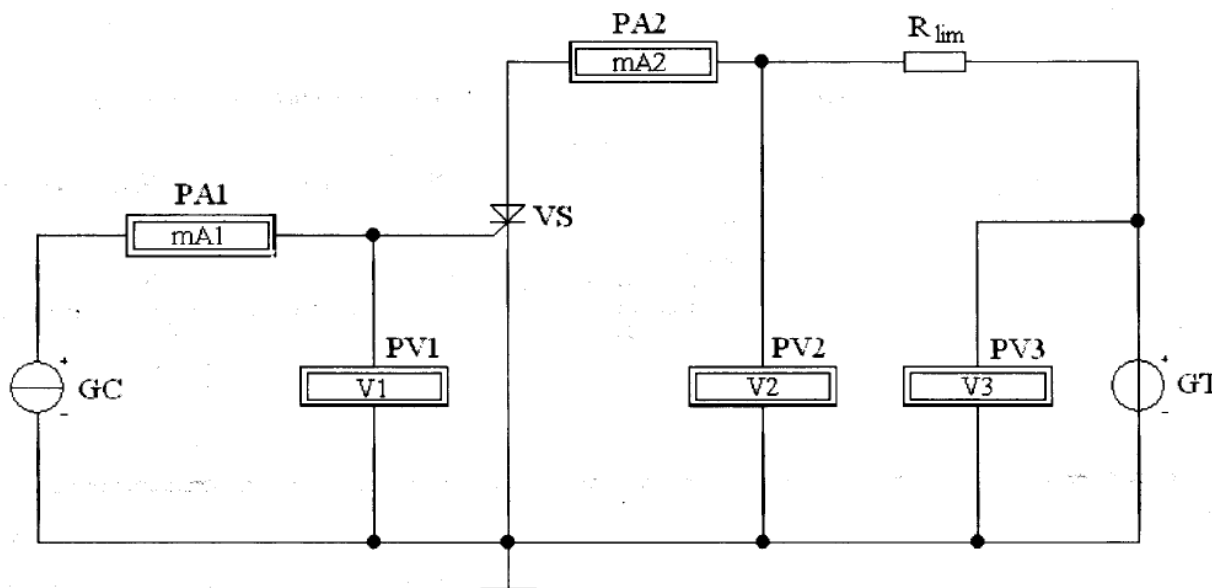


Figura 1 - Schema de cercetare a tiristorului

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea caracteristicilor curent - tensiune:

1.1 Accesați programul „Electronics Workbench”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa „luc_lab_deme” din discul „D”, intrați în mapa „tiristor” și deschideți fișierul „tir_tir_01.ewb”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

➤ GT1,GT2,GT3,GT4 – în calitate de generatoare de curent din circuitul electrodului de comandă;

➤ PAI – miliampermetrul pentru măsurarea curentului electrodului de comandă – I_{com} ;

- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii de comandă – U_{com} ;
- PA2 – miliampermetru pentru măsurarea curentului anodic – I_a ;
- PV2 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii anod - catod – U_{a-c} ;
- PV3 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii sursei de alimentare – E_a ;
- GT1 – generator de tensiune, pentru aplicarea E_a .

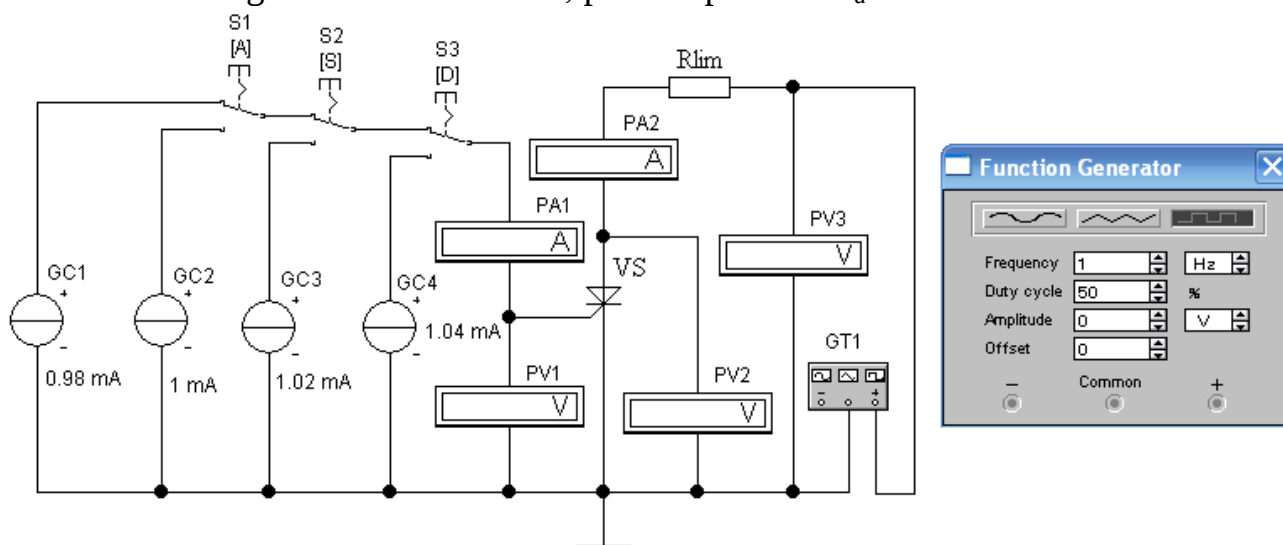


Figura 2 - Circuitul de ridicare a caracteristicilor curent-tensiune $I_a = f(U_{a-c})/I_{com} = \text{const.}$

1.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor caracteristicilor $I_a = f(U_{a-c})/I_{com} = \text{const.}$

Tabelul 1 - Rezultatele caracteristicilor curent-tensiune adică $I_a = f(U_{a-c})/U_{c-e} = \text{const.}$

$I_{com} = 0,98 \text{ mA}, U_{com} =$															
U_{offset}	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25
U_{a-c}, V															
I_a, mA															
U_{rest}, V															
$I_{com} = 1,00 \text{ mA}, U_{com} =$															
U_{offset}															
U_{a-c}, V															
I_a, mA															
U_{rest}, V															
$I_{com} = 1,02 \text{ mA}, U_{com} =$															
U_{offset}															
U_{a-c}, V															
I_a, mA															
U_{rest}, V															
$I_{com} = 1,04 \text{ mA}, U_{com} =$															
U_{offset}															
U_{a-c}, V															
I_a, mA															
U_{rest}, V															

1.1.2 Aplicați alimentare circuitului și ridicați valorile I_{com} , U_{com} , U_{a-c} și I_a , treceți rezultatele în tabelul 1, apoi schimbați valorile tensiunii de offset conform tabelului 1, ridicând de fiecare dată valorile curentului I_a și tensiunii U_{a-c} (valoarea curentului se ridică numai după ce tensiunea voltmetrului PV3 atinge nivelul de offset, tensiunea U_{rest} va apărea numai în momentul cuplării tiristorului), rezultatele se trec în tabelul 1. Apoi cuplați, cu ajutorul comutatoarelor $S1$, $S2$, $S3$ (prin accesarea butoanelor A, S, D ale claviaturii) generatoarele de curent GC2, GC3, GC4 și repetați de fiecare dată experiența.

1.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2 Treceți la cercetarea metodelor de blocare a tiristorului.

2.1 Cercetarea metodei de blocare a tiristorului prin micșorarea curentului anodic. Deschideți fișierul „tir_tir_02.ewb”, pe ecran apare circuitul din figura 3.

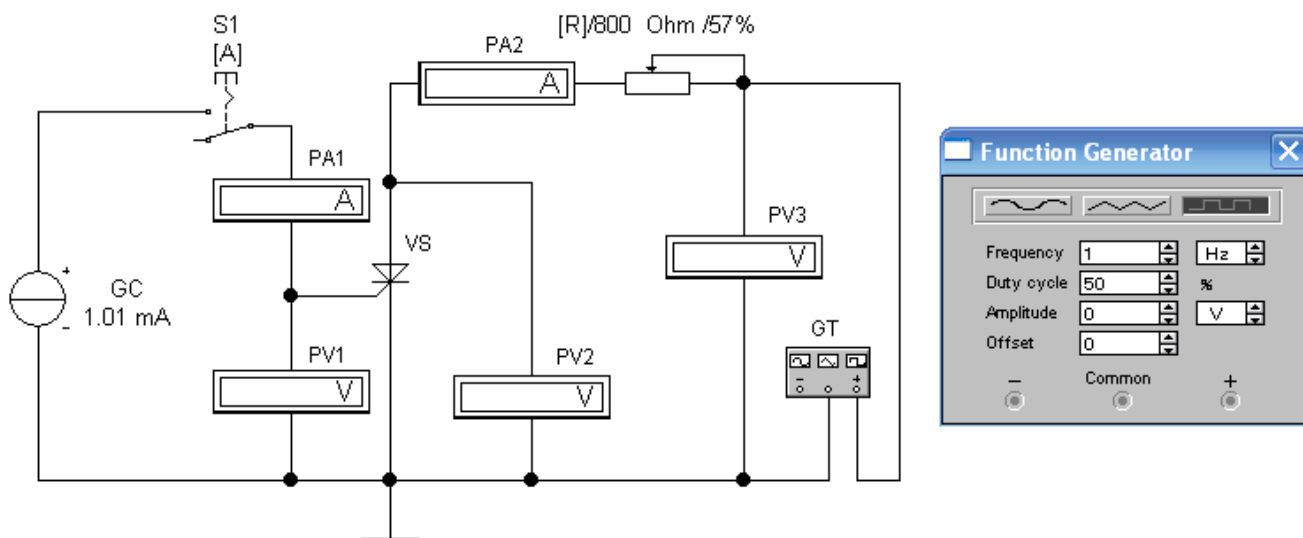


Figura 3 - Circuitul de ridicare a caracteristicilor de ieșire adică $I_c = f(U_{c-e})/I_b = \text{const.}$

În circuit sunt utilizate:

- GC – generator de curent din circuitul electrodului de comandă;
- PAI – miliampermetru pentru măsurarea curentului electrodului de comandă – I_{com} ;
- V1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii electrodului de comandă - catod - U_{e-c-c} ;
- PA2 – miliampermetru pentru măsurarea curentului anodic I_a ;
- PV2 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii anod - catod U_{a-c} ;
- PV3 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii sursei de alimentare E_a ;
- R – rezistor limitator;
- GT – generator de tensiune pentru aplicarea tensiunii de alimentare – E_a .

2.1.1 Treceți comutatorul $S1$ pe poziție de sus și măriți tensiunea de offset până la deblocarea tiristorului (stabilirea unei noi valori a tensiunii de offset se efectuează numai după ce PV3 indică valoarea finală a tensiunii de la generator). Ridicați valorile $U_{a-c,deb}$, I_a , U_{rest} , I_{com} , U_{com} . După deblocare treceți comutatorului pe poziție de jos și

convingeți-vă că tiristorul rămâne deblocat, adică electrodul de comandă nu mai influențează. După aceasta de la generatorul *GT* stabilim următoarea valoare în creștere a tensiunii de *offset*.

2.1.2 Apoi cu ajutorul rezistorului *R* micșorați curentul anodic până la blocarea tiristorului (micșorarea se efectuează prin clicarea butonului *R* al tastierei, butonul „*Shift*” trebuie menținut în acest caz apăsat). Ridicați valoarea curentului anodic de menținere – $I_{men\bar{t}}$. După efectuarea experienței circuitul se aduce la starea inițială.

2.1.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

2.2 Cercetarea metodei de blocare a tiristorului prin micșorarea tensiunii anod-catod U_{a-c} . Experiența se efectuează conform figurii 3.

2.2.1 Treceți comutatorul *SI* pe poziție de sus și repetați punctul 2.1.1.

2.2.2 Apoi micșorați tensiunea generatorului *GT* până la blocarea tiristorului, treceți comutatorul *SI* pe poziție de sus și din nou măriți tensiunea de *offset*, efectuați experiența de câteva ori pentru determinarea tensiunilor de blocare și deblocare. După efectuarea experienței circuitul se aduce la starea inițială.

2.2.3 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Cu permisiunea conducătorului treceți la prelucrarea rezultatelor obținute.

3.1 Conform tabelului 1 trasați familia caracteristicilor curent-tensiune, adică $I_a = f(U_{a-c}) / I_{com} = const$ și cea de pornire $U_{deb} = f(I_{com}) / R_{lim} = const$ cu ajutorul cărora determinați parametrii de bază ai tiristorului. Pentru trasarea caracteristicilor folosiți programul „*Advanced Grapher*”, care se află pe suprafața de lucru.

3.2 Pentru determinarea parametrilor de bază e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „*Paint*” pentru a putea indica valorile respective ale parametrilor.

4 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

- *Destinația tiristoarelor.*
- *Cum influențează curentul de comandă asupra caracteristicii curent-tensiune?*

5 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

- 1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;
- 2 E. Damachi s. a. “Electronică”.
- 3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;
- 4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы».

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

LUCRAREA DE LABORATOR Nr. 9

Tema: CERCETAREA OPTOCUPLORULUI CU TRANZISTOR PE BAZA PROGRAMULUI MULTISIM 10

Posedând de permis, efectuați lucrarea.

Competențe vizate de lucrare:

Competența specifică: determinarea și verificarea funcționalității dispozitivelor electronice discrete într-un montaj.

Competențe derivate: *elevii vor dobândi competențele:*

Cd1 – să studieze proprietățile optocuplorului cu tranzistor în baza programului Multisim 10;

Cd2 – să ridice tensiuni și curenți din circuitul dat;

Cd3 – să traseze caracteristicile de intrare, de transfer și ieșire, adică $I_{in} = f(U_{in})$, $I_{ieș} = f(U_{in})$, $I_{ieș} = f(U_{ieș})/I_{in} = const$ și $k = f(I_{in})$ cu ajutorul programului Multisim 10;

Cd4 – să determine parametrii de bază R_{in} , k , $R_{ieș}$;

Cd5 – să interpreteze rezultatele obținute.

În figura 1 este reprezentată schema de cercetare.

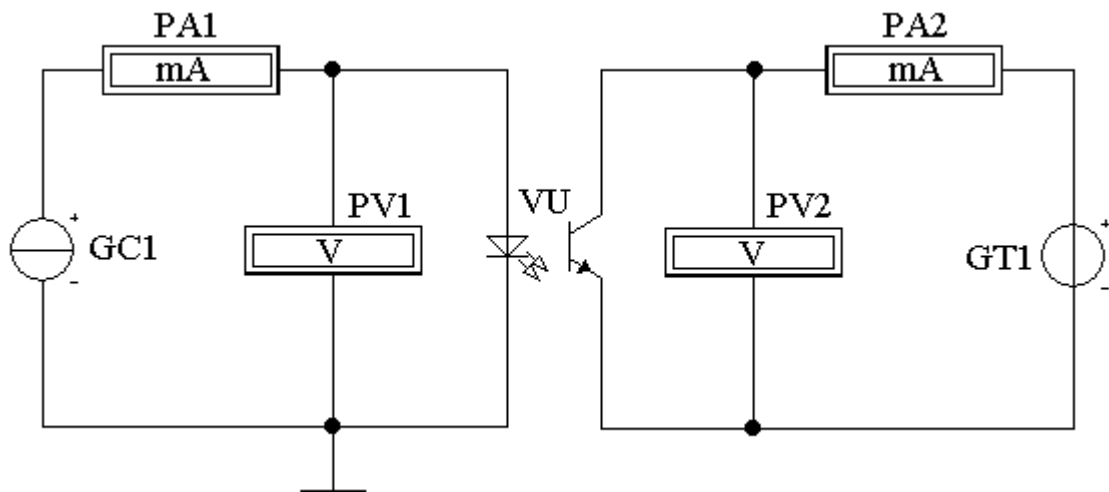


Figura 1 – Schema de cercetare a optocuplorului

DESĂȘURAREA LUCRĂRII:

1 Treceți la ridicarea datelor pentru ridicarea caracteristicilor optocuplorului;

1.1 Accesați programul „Multisim 10”, care se află pe suprafața de lucru a calculatorului, prin clic dublu stânga pe iconița respectivă. Apoi deschideți mapa

„luc_lab_deme” din discul „D”, intrați în mapa „optocuploare” și deschideți fișierul „optocuplor_cu tranzistor_01”, pe ecran apare circuitul din figura 2. În circuit sunt utilizate:

- GC1 – în calitate de generator de curent din circuitul de intrare;
- PA1 – miliampermetru pentru măsurarea curentului de intrare – I_{in} ;
- PV1 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii de intrare – U_{in} ;
- PA2 – miliampermetru, pentru măsurarea curentului de ieșire – $I_{ieș}$;
- PV2 – voltmetru pentru măsurarea tensiunii de ieșire – $U_{ieș}$.

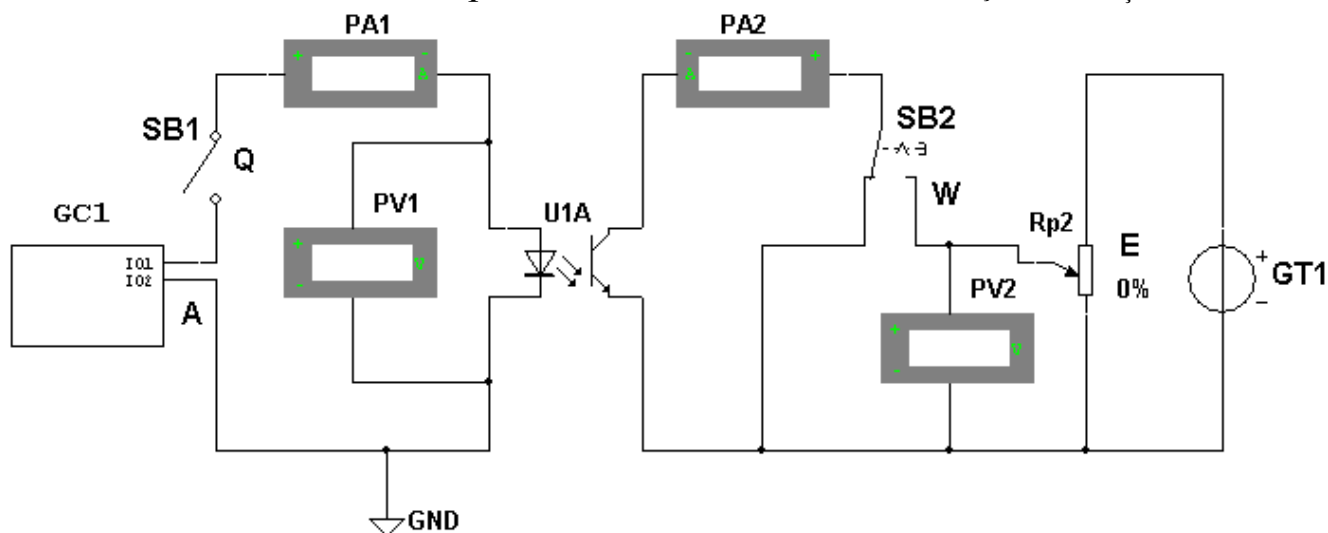


Figura 2 – Circuitul de cercetare a optocuplorului în baza programului Multisim 10

2.1.1 Desenați tabelul 1 pentru ridicarea datelor caracteristicilor de intrare și de transfer ale optocuplorului.

Tabelul 1 – Rezultatele pentru caracteristicile $I_{in} = f(U_{in})$, $I_{ieș} = f(U_{in})$ și $k_i = f(I_{in})$.

I_{in}, mA									
U_{in}, V									
$I_{ieș}, mA$									
$k_i, \%$									

2.1.2 Aplicați alimentare circuitului prin acționarea butonului  (din dreapta sus) și ridicați valorile I_{in} , U_{in} și $I_{ieș}$, pentru cazul când SB1 decuplat și înscrieți-le în tabelul 1.

2.1.3 cuplați comutatorul SB1 (prin tastarea butonului „Q”), schimbați valorile curentului generatorului de curent GC1 (prin tastarea butonului „A”), ridicați de fiecare dată I_{in} , U_{in} și $I_{ieș}$, trecând rezultatele în tabelul 1.

2.1.4 Rezultatele obținute prezentați-le conducătorului la control.

3 Treceți la ridicarea caracteristicilor de ieșire adică $I_{ieș} = f(U_{ieș})/I_{in} = const.$

3.1 Pentru ridicarea caracteristicilor de ieşire e necesar de trecut comutatorul SB2 în partea dreaptă (*prin tastarea butonului "W"*).

3.1.1 Desenaţi tabelul 2 pentru ridicarea datelor familiei caracteristicilor de ieşire.

Tabelul 2 – Rezultatele familiei caracteristicilor de ieşire adică $I_{ieş} = f(U_{ieş})/I_{in} = const.$

$I_{in2} =$											
$R_{p2}, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$U_{ieş}, V$											
$I_{ieş}, mA$											
$I_{in2} =$											
$R_{p2}, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$U_{ieş}, V$											
$I_{ieş}, mA$											
$I_{in6} =$											
$R_{p2}, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$U_{ieş}, V$											
$I_{ieş}, mA$											
$I_{in8} =$											
$R_{p2}, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$U_{ieş}, V$											
$I_{ieş}, mA$											

3.1.2 Stabiliţi curentul de intrare conform tabelului 1 pentru cazul 2, stabiliţi valoarea R_{p2} în % (*prin tastarea butonului „E”*) conform tabelului 2 şi de fiecare dată ridicaţi valorile $U_{ieş}$ şi $I_{ieş}$, rezultatele obţinute se trec în tabelul 2.

3.1.3 Apoi stabiliţi curenţii de intrare din tabelul 1 (*pentru cazurile 4, 6 şi 8*) de fiecare dată repetaţi punctul 3.1.2, trecând rezultatele în tabelul 2.

3.1.4 Rezultatele obţinute prezentaţi-le conducătorului la control.

4 Cu permisiunea conducătorului treceţi la prelucrarea rezultatelor obţinute.

4.1 Conform tabelelor 1 şi 2 trasaţi caracteristicile de intrare, ieşire, adică $I_{in} = f(U_{in})$ şi $I_{ieş} = f(U_{ieş}) / I_{in} = const.$ Determinaţi factorul de transfer k_i şi construiţi dependenţa $k_i = f(I_{in})$. Pentru trasarea caracteristicilor folosiţi programul „Advanced Grapher”, care se află pe suprafaţa de lucru.

4.2 Pentru determinarea parametrilor R_{in} și $R_{ieș}$ e necesar de transferat caracteristicile obținute în redactorul „Paint” pentru a putea determina variațiile necesare de pe caracteristici.

Formule pentru calcule:

➤ Factorul de transfer k_i :

$$k_i = \frac{I_{ieș}}{I_{in}} \cdot 100\%;$$

➤ Rezistența de intrare R_{in} :

$$R_{in} = \frac{\Delta U_{in}}{\Delta I_{in}} [\Omega];$$

➤ Rezistența de ieșire $R_{ieș}$:

$$R_{ieș} = \frac{\Delta U_{ieș}}{\Delta I_{ieș}} [\Omega].$$

5 În concluzie adăugător dați răspuns la următoarele întrebări:

➤ Care-s parametrii de bază ai optocuploarelor ?

➤ De numit tipurile și destinația optocuploarelor.

6 Întocmiți referatul și prezentați-l pentru susținere.

B I B L I O G R A F I E :

- 1 Teodor Dănilă, Monica Ionescu – Vaida „Componente și circuite electronice”;
- 2 E. Damachi s. a. “Electronică”.
- 3 Г. С. Гершунский «Основы электроники и микроэлектроники»;
- 4 Ю. А. Овечкин «Полупроводниковые приборы»;

Autor – profesor de colegiu, inginer electronist, grad didactic superior
Veaceslav Ceauș

Cuprins

	Pag.
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>1</u> Tema: CERCETAREA VARISTORULUI	3
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>2</u> Tema: CERCETAREA FOTOREZISTORULUI	7
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>3</u> Tema: CERCETAREA DIODELOR SEMICONDUCTOARE DE REDRESARE ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	11
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>4</u> Tema: CERCETAREA DIODELOR ZENER ȘI STABISTORULUI ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	15
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>5</u> Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR ÎN CONEXIUNEA BC ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	19
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>6</u> Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI BIPOLAR ÎN CONEXIUNEA EC ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	23
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>7</u> Tema: CERCETAREA TRANZISTORULUI CU EFECT DE CÂMP TEC-j ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	27
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>8</u> Tema: CERCETAREA TIRISTORULUI ÎN BAZA PROGRAMULUI ELECTRONICS WORKBENCH	31
LUCRAREA DE LABORATOR Nr. <u>9</u> Tema: CERCETAREA OPTOCUPLORULUI CU TRANZISTOR PE BAZA PROGRAMULUI MULTISIM 10	35