

GEORGE ZĂRNESCU



**DISPOZITIVE ELECTRONICE
ÎNDRUMAR DE LABORATOR**



GEORGE ZĂRNESCU

**DISPOZITIVE ELECTRONICE
ÎNDRUMAR DE LABORATOR**

Copyright © 2013, Editura NAUTICA
Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate Editurii

Editura NAUTICA, 2013

Editură recunoscută de CNCSIS

Str. Mircea cel Bătrân nr.104

900663 Constanța, România

tel.: +40-241-66.47.40

fax: +40-241-61.72.60

e-mail: info@imc.ro

www.edituranautica.org.ro



Prefață

Această lucrare își propune să ajute, printr-o manieră sistematică, studenții electroniști din primii ani de facultate, să dobândească abilitățile necesare analizării dispozitivelor electronice fundamentale. În urma efectuării laboratorului de dispozitive electronice studentul se va transforma într-un inginer de testare a dispozitivelor electronice.

Scopul acestei lucrări este acela de a exemplifica modul în care se obține caracteristica de transfer pentru dispozitivele electronice, cum ar fi dioda redresoare, dioda Zener, tranzistorul bipolar, tranzistorul cu efect de câmp, utilizând platformele didactice COM3LAB.

La finalul laboratorului studentul va putea testa orice fel de dispozitiv electronic. De asemenea studentul va cunoaște modul în care funcționează o sursă de semnal, un osciloscop sau un multimetru.

Constanța, 2013

Autorul

Cuprins

	Pagina
Lucrarea 1. Dioda semiconductoare	1
1.1 Obiective operaționale	1
1.2 Instrumente necesare	1
1.3 Noțiuni teoretice	1
1.4 Desfășurarea lucrării	2
1.4.1 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei semiconductoare	2
1.4.2 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei cu siliciu (Si)	7
1.4.3 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei cu germaniu (Ge)	11
1.4.4 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei Schottky	12
1.4.5 Întrebări	13
Lucrarea 2. Dioda Zener	15
2.1 Obiective operaționale	15
2.2 Instrumente necesare	15
2.3 Noțiuni teoretice	15
2.4 Desfășurarea lucrării	16
2.4.1 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei Zener	16
2.4.2 Întrebări	19
Lucrarea 3. Dioda electroluminiscentă	21
3.1 Obiective operaționale	21
3.2 Instrumente necesare	21
3.3 Noțiuni teoretice	21
3.4 Desfășurarea lucrării	22
3.4.1 Determinarea caracteristicii curent tensiune a LED-ului roșu	22

3.4.2	Deteminarea caracteristicii curent tensiune a LED-ului verde	25
3.4.3	Întrebări	26
4	Lucrarea 4. Tranzistorul bipolar – caracteristica de intrare	27
4.1	Obiective operaționale	27
4.2	Instrumente necesare	27
4.3	Noțiuni teoretice	27
4.4	Desfășurarea lucrării	28
4.4.1	Determinarea caracteristicii de intrare a tranzistorului bipolar npn	28
4.4.2	Întrebări	33
5	Lucrarea 5. Tranzistorul bipolar – caracteristica de transfer	35
5.1	Obiective operaționale	35
5.2	Instrumente necesare	35
5.3	Noțiuni teoretice	35
5.4	Desfășurarea lucrării	36
5.4.1	Determinarea caracteristicii de transfer a tranzistorului bipolar npn	36
5.4.2	Întrebări	39
6	Lucrarea 6. Tranzistorul bipolar – caracteristica de ieșire	41
6.1	Obiective operaționale	41
6.2	Instrumente necesare	41
6.3	Noțiuni teoretice	41
6.4	Desfășurarea lucrării	42
6.4.1	Determinarea caracteristicii de ieșire a tranzistorului bipolar npn	42
6.4.2	Întrebări	47
7	Lucrarea 7. Fototranzistorul	49
7.1	Obiective operaționale	49
7.2	Instrumente necesare	49
7.3	Noțiuni teoretice	49
7.4	Desfășurarea lucrării	50
7.4.1	Determinarea caracteristicii de ieșire a fototranzistorului	50
7.4.2	Întrebări	55

Lucrarea 8. Tranzistorul Darlington	57
8.1 Obiective operaționale	47
8.2 Instrumente necesare	47
8.3 Noțiuni teoretice	47
8.4 Desfășurarea lucrării	48
8.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer a tranzistorului Darlington	48
8.4.2 Întrebări	62
Lucrarea 9. Tranzistorul cu efect de câmp	63
9.1 Obiective operaționale	63
9.2 Instrumente necesare	63
9.3 Noțiuni teoretice	63
9.4 Desfășurarea lucrării	64
9.4.1 Determinarea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp	64
9.4.2 Întrebări	70
Lucrarea 10. Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune – caracteristica de transfer	71
10.1 Obiective operaționale	71
10.2 Instrumente necesare	71
10.3 Noțiuni teoretice	71
10.4 Desfășurarea lucrării	72
10.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune	72
10.4.2 Întrebări	75
Lucrarea 11. Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune – caracteristica de ieșire	77
11.1 Obiective operaționale	77
11.2 Instrumente necesare	77
11.3 Noțiuni teoretice	77
11.4 Desfășurarea lucrării	78
11.4.1 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune	78
11.4.2 Întrebări	82

Lucrarea 12. Tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor	85
12.1 Obiective operaționale	85
12.2 Instrumente necesare	85
12.3 Noțiuni teoretice	85
12.4 Desfășurarea lucrării	86
12.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor	86
12.4.2 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor	89
12.4.3 Întrebări	92
Lucrarea 13. Tranzistorul bipolar cu grilă izolată	95
13.1 Obiective operaționale	95
13.2 Instrumente necesare	95
13.3 Noțiuni teoretice	95
13.4 Desfășurarea lucrării	96
13.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul bipolar cu grilă izolată	96
13.4.2 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul bipolar cu grilă izolată	99
13.4.3 Întrebări	102
Bibliografie	105

Lucrarea 1

Dioda semiconductoare

1.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează o diodă semiconductoare și a procedurii prin care se poate obține caracteristica curent-tensiune. Studentul va putea obține caracteristica curent-tensiune pentru dioda cu Si (Siliciu), Ge (Germaniu) și dioda Schottky. La finalul acestui laborator studentul va putea identifica dioda semiconductoare într-un circuit electronic simplu. Va putea determina valoarea tensiunii de prag și a curentului la polarizare inversă. Va putea descrie modul în care a fost obținută caracteristica curent-tensiune.

1.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 1, două multimetre, un osciloscop și patru fire de legătură.

1.3 Noțiuni teoretice

Dioda semiconductoare este alcătuită dintr-o joncțiune pn. Regiunea p constituie anodul diodei, iar joncțiunea n, catodul. Dioda semiconductoare la polarizare directă permite trecerea unui curent direct mare, în cazul polarizării inverse permite trecerea unui curent invers foarte mic. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Dioda, dioda Zener și LED-ul.

1.4 Desfășurarea lucrării

1.4.1 Determinarea caracteristicii curent-tensiune a diodei semiconductoare

În figura 1.1 este evidențiată interfața software-ului didactic COM3LAB. De asemenea este evidențiat circuitul logic cu ajutorul căruia va putea fi testată dioda semiconductoare. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune continuă (G1), un rezistor (R1) și o diodă semiconductoare (V1). Circuit este deschis, deci nu va trece curent prin componentele electronice.

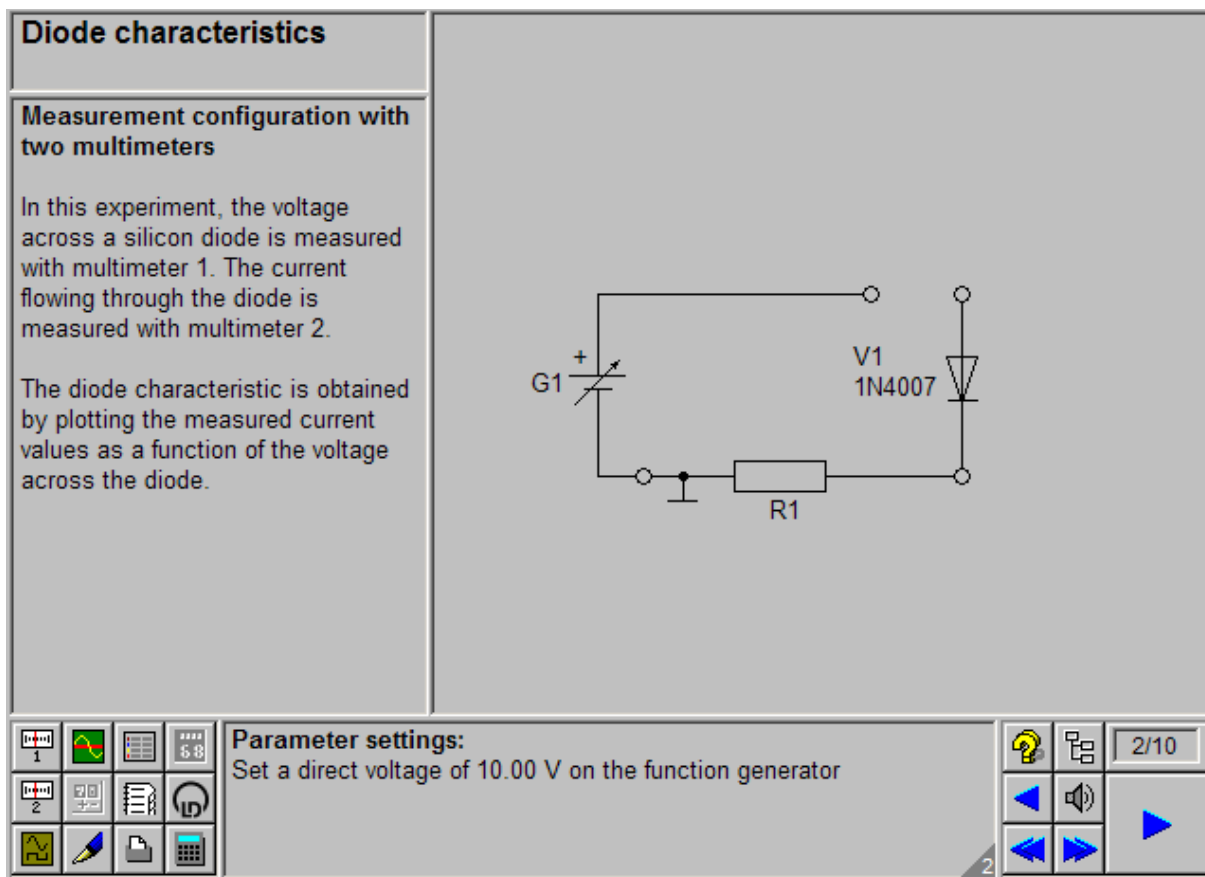


Figura 1.1. Interfața software-ului didactic COM3LAB.

Primul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 1.1 în fereastra din partea de jos, Parameter settings. Sursa de tensiune continuă G1 se va seta pentru a genera o tensiune continuă de 10 V. Se va deschide generatorul de semnal prin apăsarea butonului din colțul din stânga jos a figurii 1.1.

În partea stângă a figurii 1.2 este evidențiată interfața generatorului de semnal. În partea dreaptă a figurii 1.2 este evidențiată interfața generatorului de semnal, setat pentru experimentul actual.

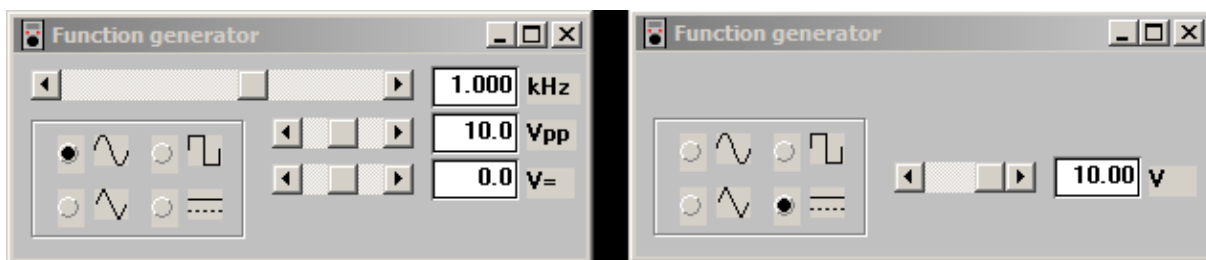


Figura 1.2. Generatorul de semnal.

Următorii pași reprezintă setarea multimetrului 2 ca miliampermetru și conectarea lui în circuitul electronic conform figurii 1.3. Acesta se găsește în partea din stânga jos a figurii 1.3 și este reprezentat ca o riglă gradată și cifra 2.

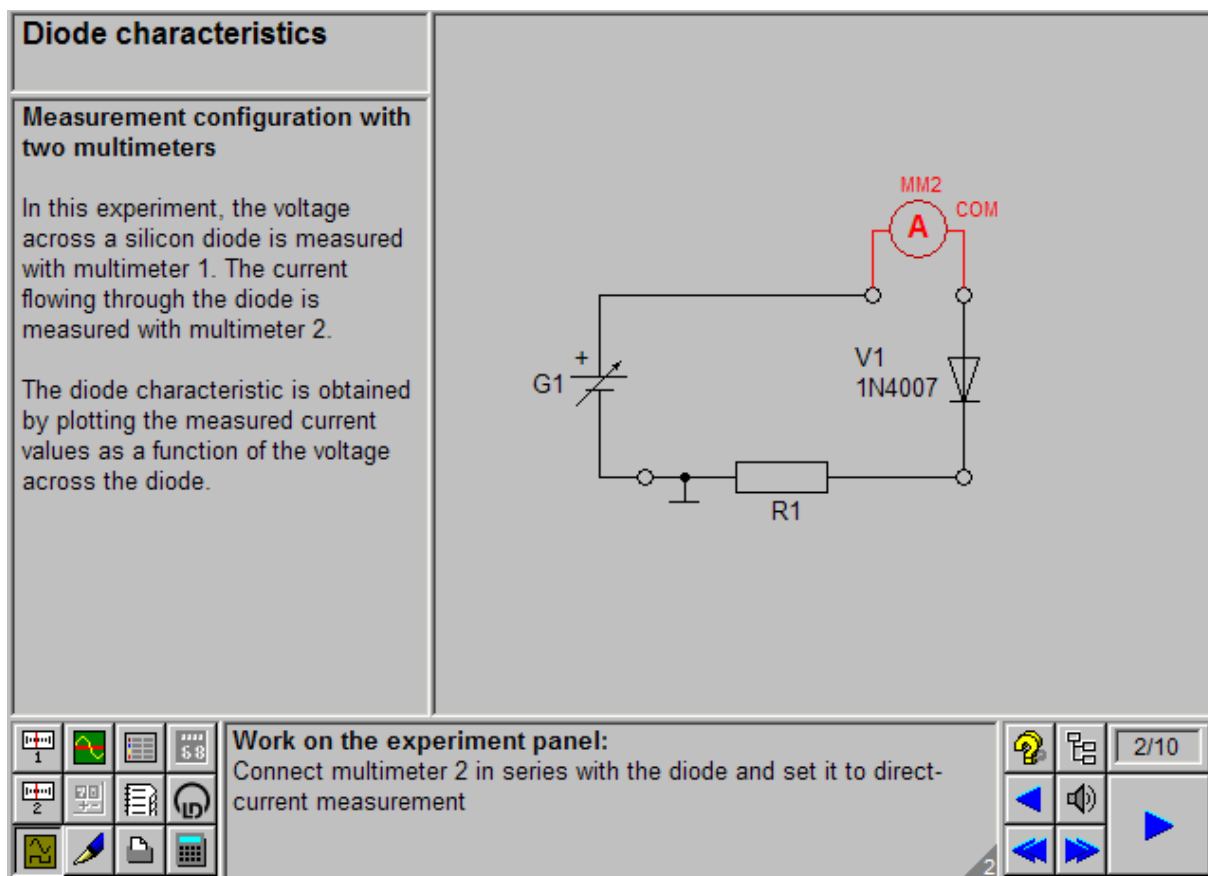


Figura 1.3. Setarea multimetrului 2 ca miliampermetru și conectarea lui în circuitul electronic.

Următorii pași reprezintă setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea lui în circuit conform figurii 1.4. Acesta se găsește în partea din stânga jos a figurii 1.4 și este reprezentat ca o riglă gradată și cifra 1.

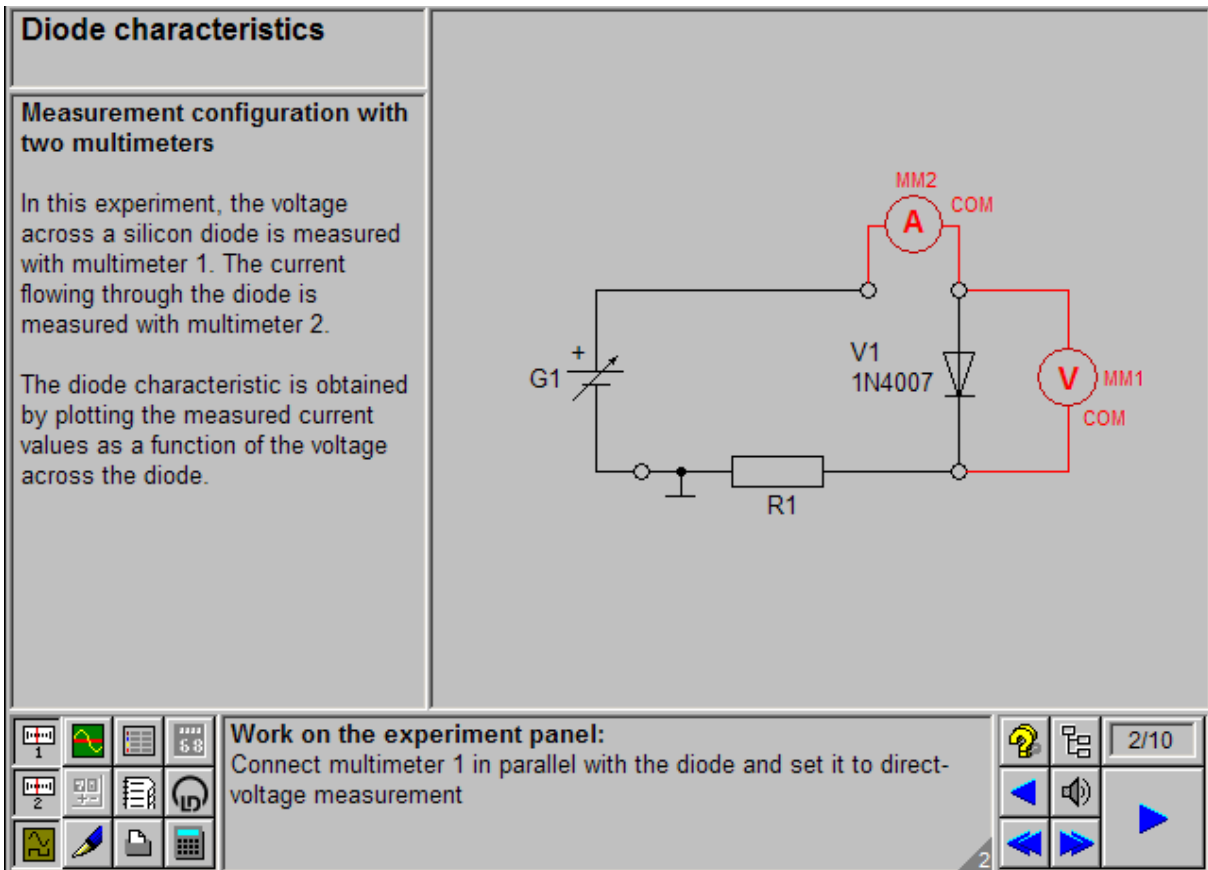


Figura 1.4. Setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea lui în circuitul electronic.

Cele două multimetre, miliampermetrul și voltmetrul, ar trebui să arate în felul următor. Acestea vor afișa curentul prin dioda semiconductoră și tensiunea la bornele ei atunci când aceasta va fi polarizată direct sau invers.

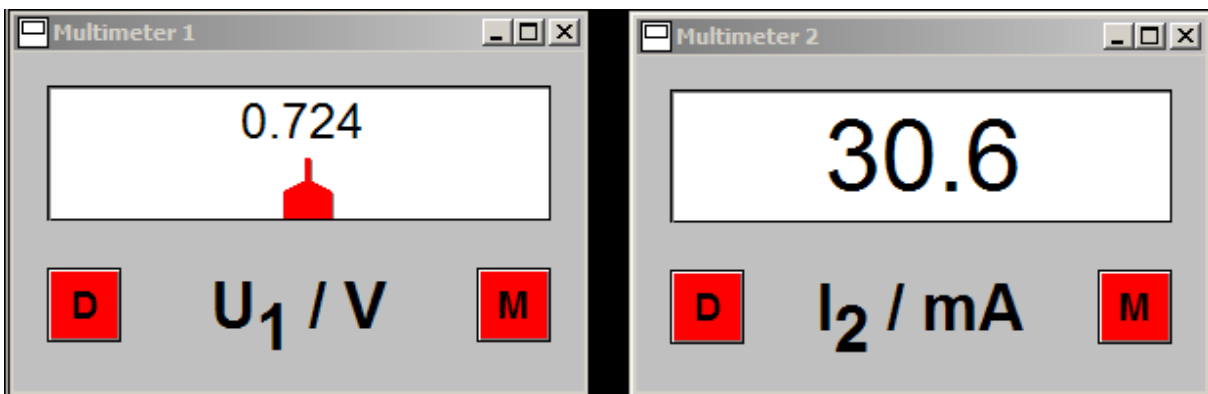


Figura 1.5. Multimetrul 1 setat ca voltmetru și multimetrul 2 setat ca miliampermetru.

Pasul următor reprezintă polarizarea directă a diodei semiconductoră. Se va mări treptat tensiunea generatorului de la valoarea de 0 V până la valoarea de 10 V. Modul în care dioda semiconductoră se va comporta la polarizare directă va fi evidențiat în panoul din

dreapta a figurii 1.6. Se observă că tensiunea la bornele diodei este reprezentată în V, iar curentul prin diodă este reprezentat în mA.

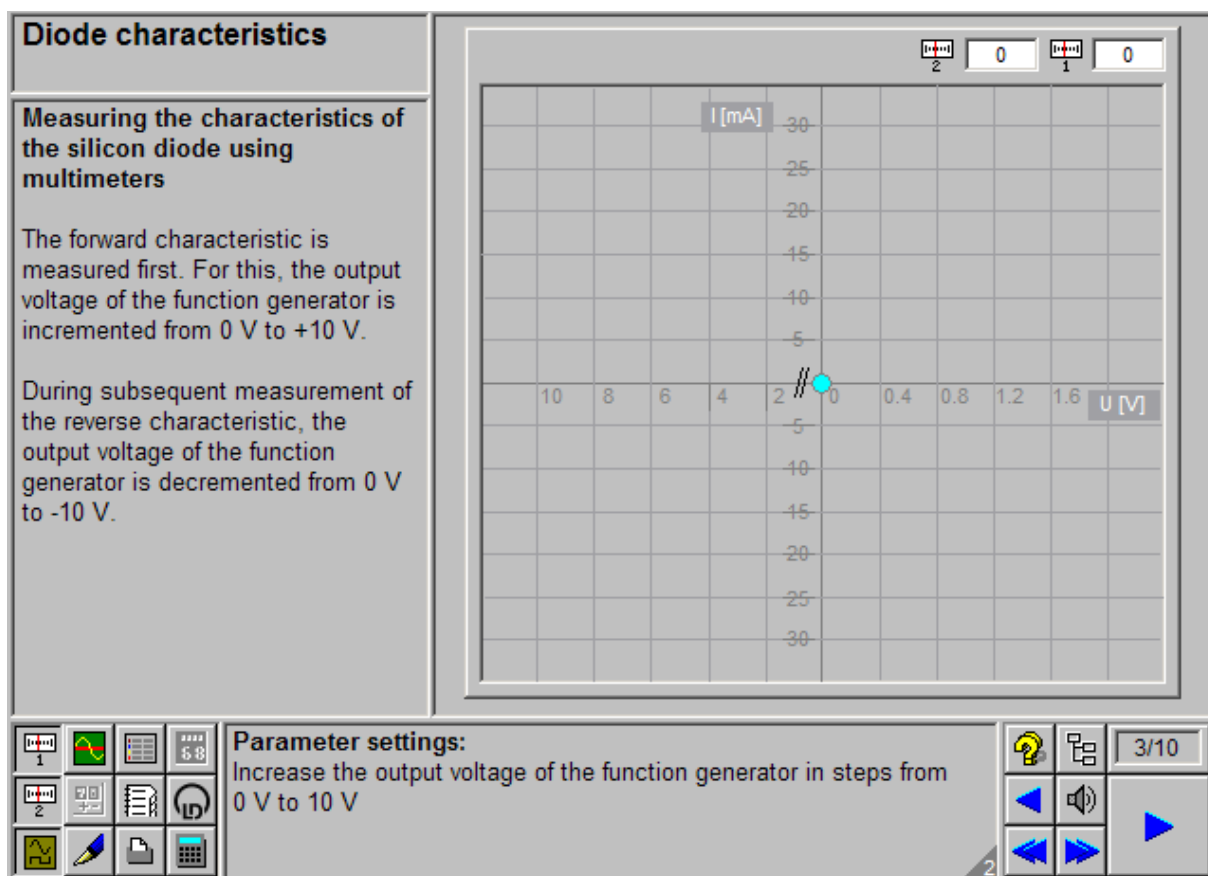


Figura 1.6. Panoul în care va fi evidențiată caracteristica curent-tensiune pentru dioda semiconductoră.

După efectuarea polarizării directe, în panoul din partea dreapta a figurii 1.6 va apărea un grafic trasat cu albastru deschis și este evidențiat în figura 1.7. De asemenea se va reseta generatorul de semnal la 0 V.

Pasul următor reprezintă polarizarea inversă a diodei semiconductoră. Se va decrește treptat tensiunea generatorului de la valoarea de 0 V până la valoarea de -10 V. Modul în care dioda semiconductoră se va comporta la polarizare inversă este evidențiat în figura 1.8, în partea stângă a graficului.

În figura 1.8 se observă că la polarizare directă dioda semiconductoră va permite curentului electric să o parcurgă numai în cazul în care tensiunea la borne ei va depăși o tensiune de prag (0.5 V în cazul diodei semiconductoră utilizate în acest experiment). Dacă tensiunea la bornele diodei va depăși valoarea tensiunii de prag, dioda semiconductoră va fi în conducție. Se mai poate observa că pentru o creștere foarte mică a tensiunii la borne, curentul electric va crește exponențial. De asemenea, în figura 1.8, în cazul polarizării inverse

dioda semiconductoră nu va permite curentului să o parcurgă. Acest lucru se numește că dioda semiconductoră este blocată.

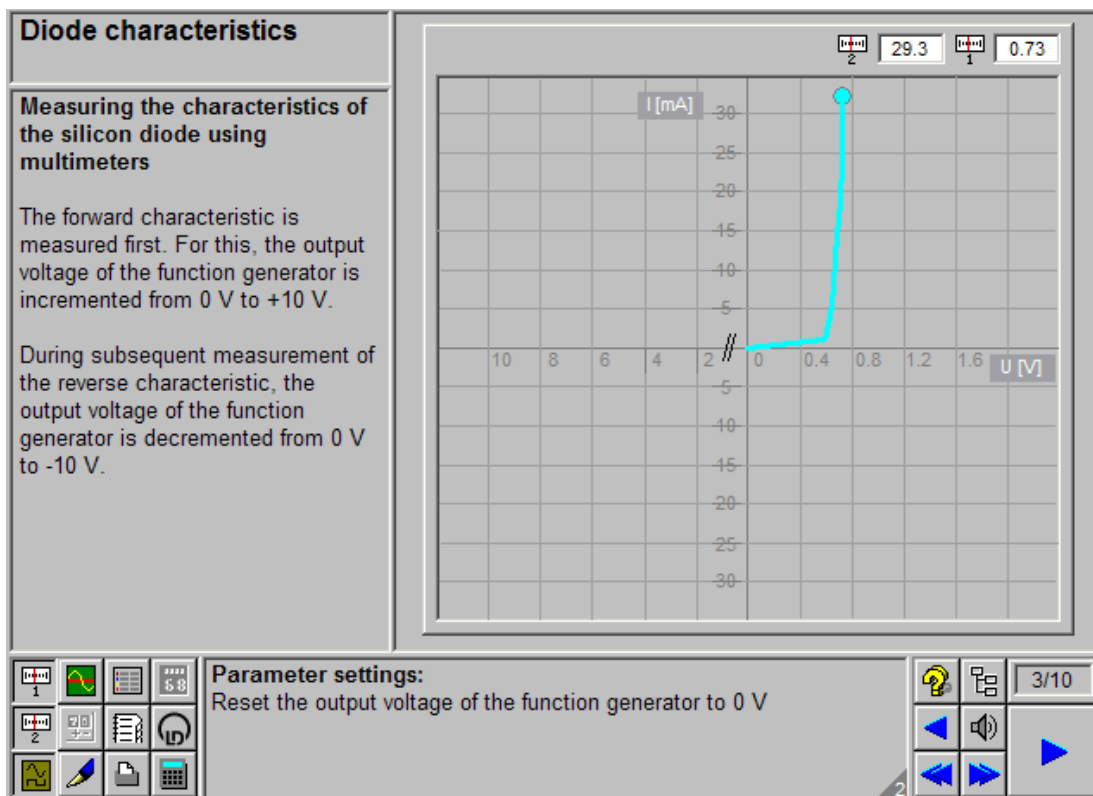


Figura 1.7. Dioda semiconductoră la polarizată direct.

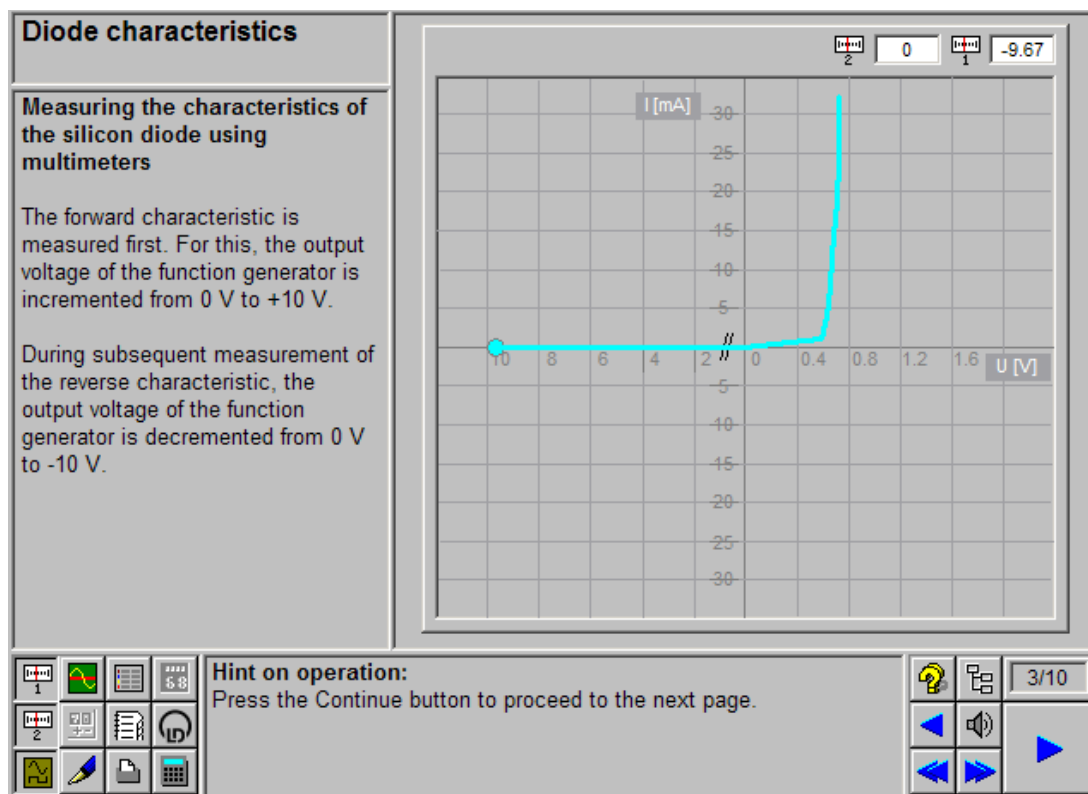


Figura 1.8. Dioda semiconductoră la polarizare inversă (partea stângă a graficului).

1.4.2 Determinarea caracteristicii curent-tensiune a diodei cu siliciu (Si)

În figura 1.9 este evidențiat circuitul cu ajutorul căruia se va determina caracteristica curent-tensiune a diodei cu siliciu (Si). De asemenea în figura 1.9 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume conectarea unui fir de legătură pentru a închide circuitul. Rezistorul R1 reprezentat cu culoarea albastră se numește rezistor de detecție a curentului. Cu ajutorul acestui rezistor se va putea măsura curentul prin circuit și de asemenea prin dioda cu Si, măsurând tensiunea la bornele ei, după care împărțind tensiunea la valoarea rezistenței.

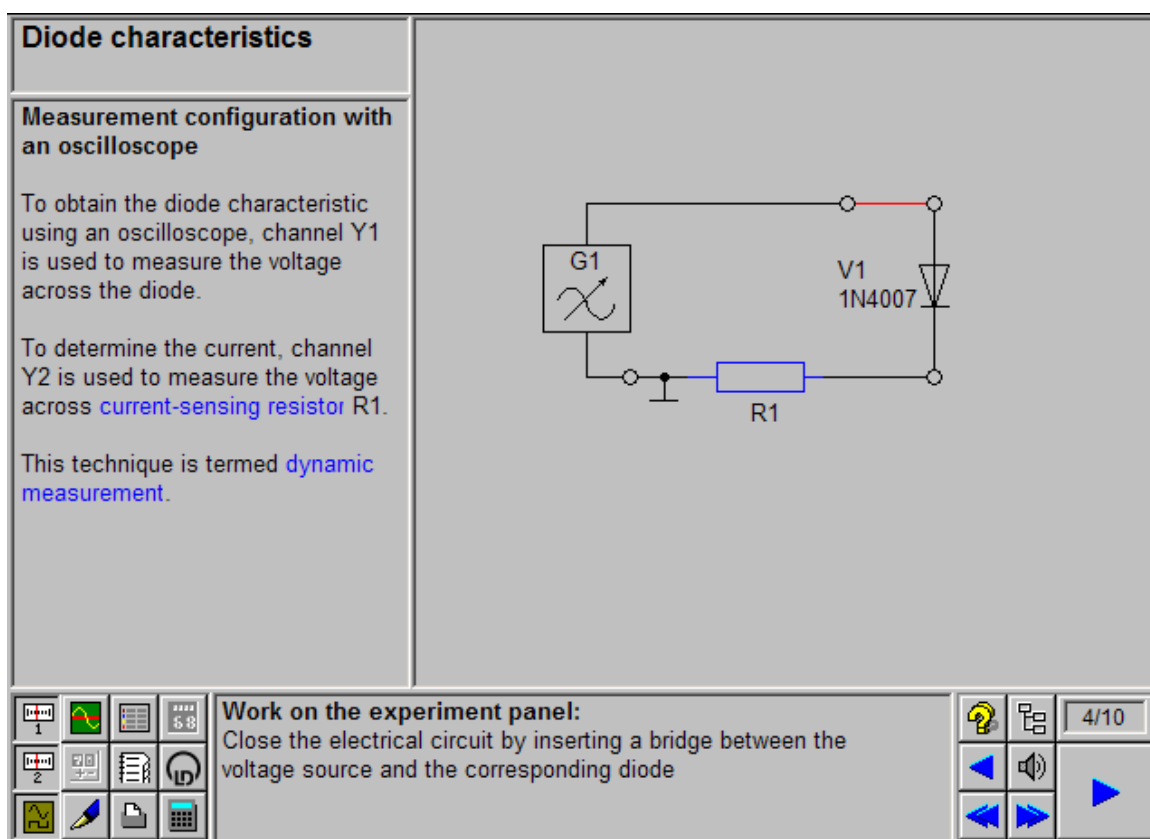


Figura 1.9. Circuitul electronic cu ajutorul căruia se va putea determina caracteristica curent-tensiune a diodei cu Si.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei cu Si. Acest pas va fi efectuat conform figurii 1.10. Anodul diodei cu Si va fi conectat la borna Y1 a osciloscopului, iar catodul va fi conectat la borna comună a osciloscopului. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei cu Si permite vizualizarea tensiunii la bornele acesteia.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1. Astfel vom putea vizualiza curentul ce trece prin dioda cu Si, cu ajutorul rezistorului de detecție a curentului.

Diode characteristics

Measurement configuration with an oscilloscope

To obtain the diode characteristic using an oscilloscope, channel Y1 is used to measure the voltage across the diode.

To determine the current, channel Y2 is used to measure the voltage across **current-sensing resistor R1**.

This technique is termed **dynamic measurement**.

Work on the experiment panel:
Connect channel Y1 of the oscilloscope in parallel with the diode

4/10

Figura 1.10. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la borne diodei cu Si.

Diode characteristics

Measurement configuration with an oscilloscope

To obtain the diode characteristic using an oscilloscope, channel Y1 is used to measure the voltage across the diode.

To determine the current, channel Y2 is used to measure the voltage across **current-sensing resistor R1**.

This technique is termed **dynamic measurement**.

Work on the experiment panel:
Connect channel Y2 of the oscilloscope in parallel with current-sensing resistor R1

4/10

Figura 1.11. Conectarea canalului Y2 al osciloscopului la borne rezistorului R1.

Pasul următor reprezintă setarea generatorului de semnal conform figurii 1.12. Forma semnalului va fi triunghiulară, tensiunea va fi 20 V vârf la vârf ($V_{pp} = 20\text{ V}$), iar frecvența va fi de 50 Hz ($f = 50\text{ Hz}$).

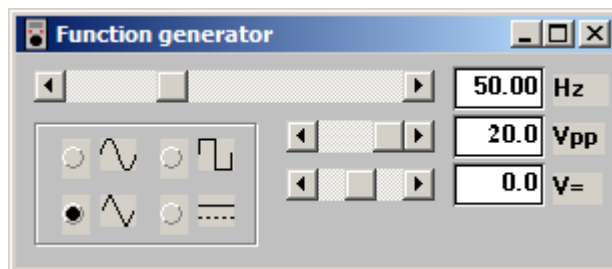


Figura 1.12. Setarea generatorului de semnal.

După setarea generatorului de semnal, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Afișorul se găsește în partea din stânga jos a figurii 1.11 și este reprezentat ca o undă sinusoidală pe fundal verde. Panoul de control este butonul din partea dreaptă a butonului ce deschide afișorul osciloscopului. Afișorul și panoul de control ale osciloscopului sunt evidențiate în figura 1.13.

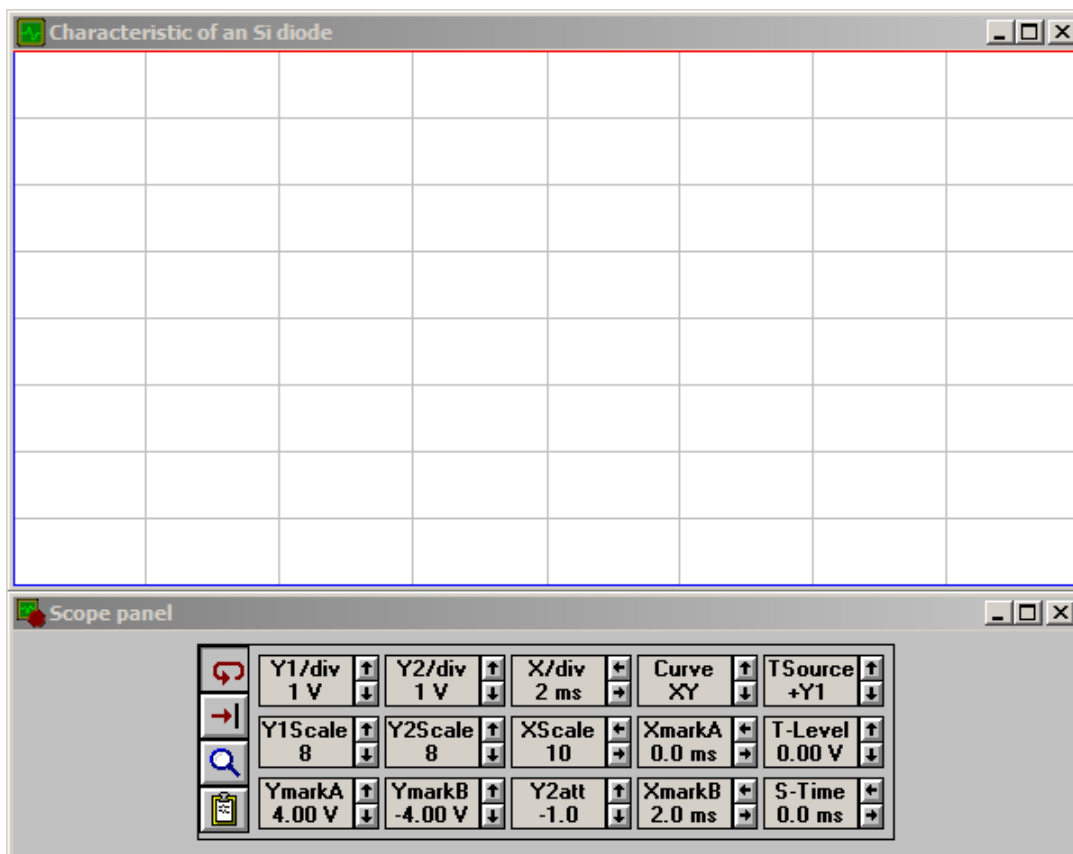


Figura 1.13. Afișorul și panoul de control ale osciloscopului.

Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 1.14.

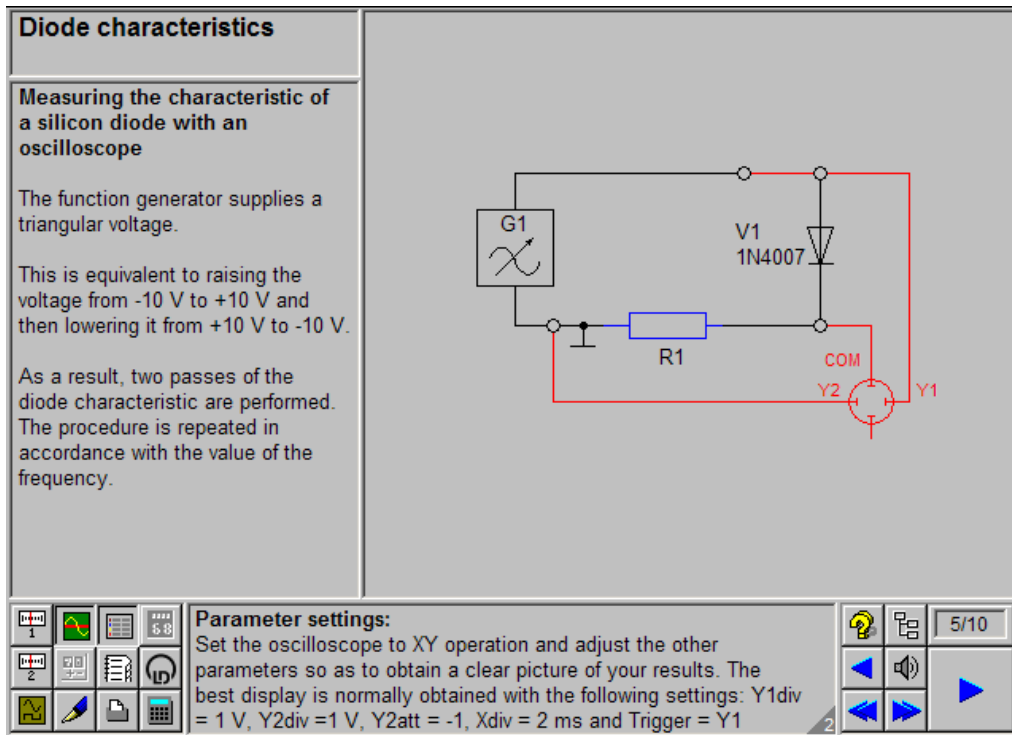


Figura 1.14. Setarea osciloscopului.

După efectuarea setărilor evidențiate mai sus, pe osciloscop ar trebui să apară caracteristica curent-tensiune a diodei cu Si. Această caracteristică este evidențiată în figura 1.15. Se observă că graficul din figura 1.15 seamănă foarte mult cu graficul din figura 1.7.

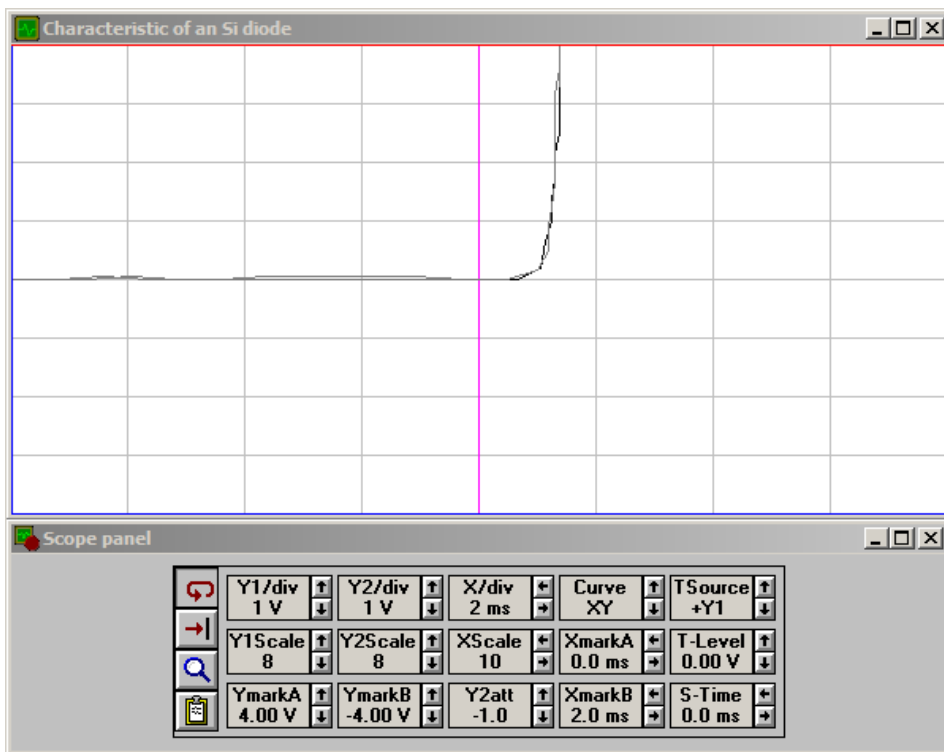


Figura 1.15 Caracteristica curent-tensiune a diodei cu Si vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

1.4.3 Determinarea caracteristicii curent-tensiune a diodei cu germaniu (Ge)

În figura 1.16 este evidențiat circuitul cu ajutorul căruia se va determina caracteristica curent-tensiune a diodei cu germaniu (Ge). Pentru acest experiment este nevoie să se reia pașii evidențiați în subcapitolul 1.4.2. După parcurgerea acelor pași se va obține caracteristica curent-tensiune evidențiată în figura 1.17.

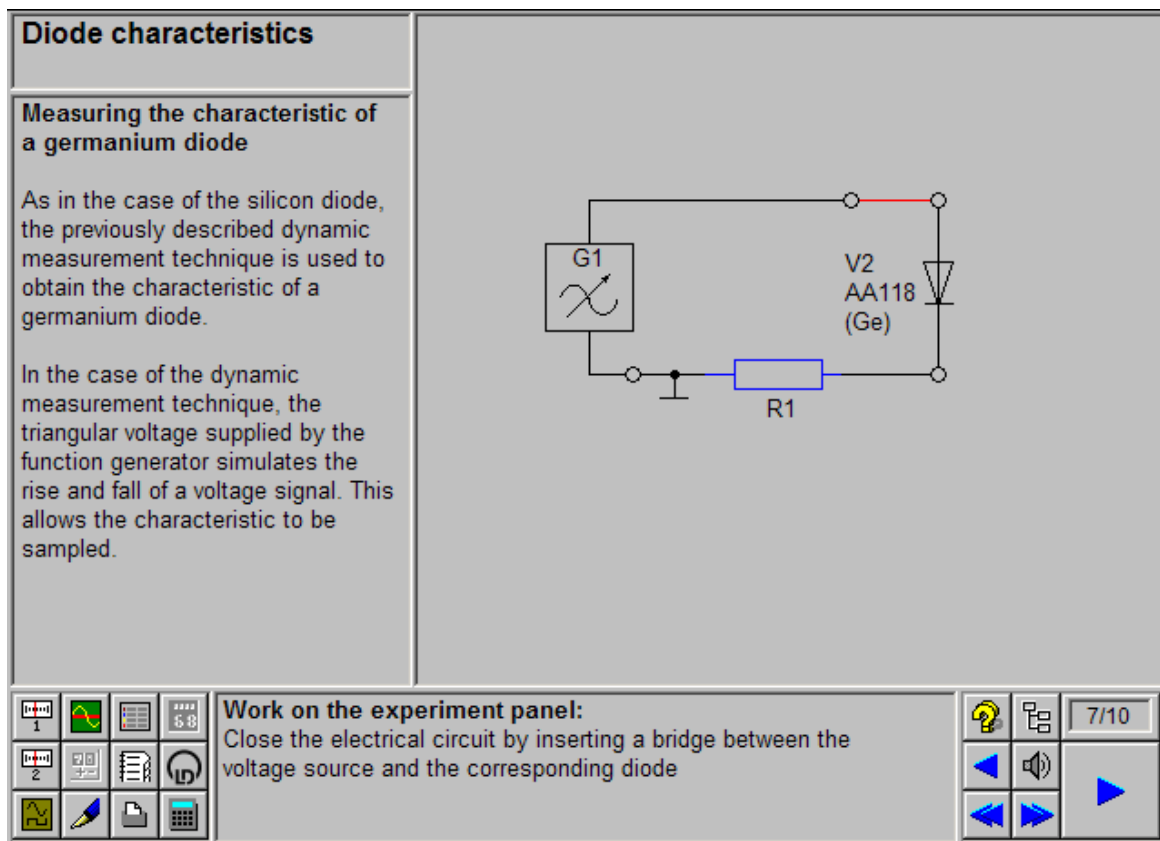


Figura 1.16. Circuitul electronic cu ajutorul căruia se va putea determina caracteristica curent-tensiune a diodei cu Ge.

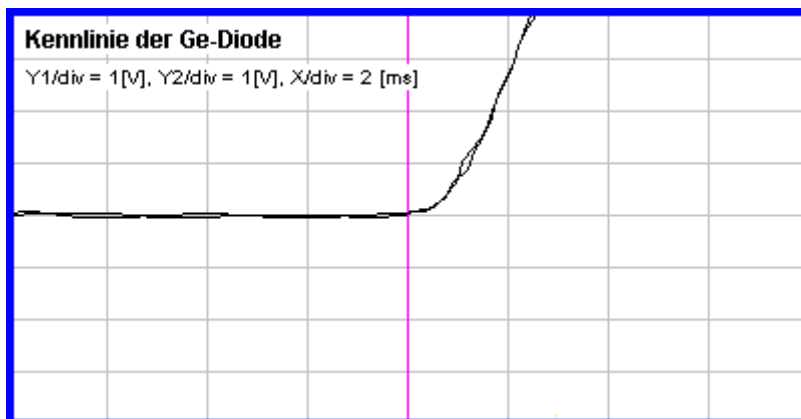


Figura 1.17. Caracteristica curent-tensiune a diodei cu Ge.

1.4.4 Determinarea caracteristicii curent-tensiune a diodei Schottky

În figura 1.18 este evidențiat circuitul cu ajutorul căruia se va determina caracteristica curent-tensiune a diodei Schottky. Pentru acest experiment este nevoie să se reia pașii evidențiați în subcapitolul 1.4.2. După parcurgerea acelor pași se va obține caracteristica curent-tensiune evidențiată în figura 1.19.

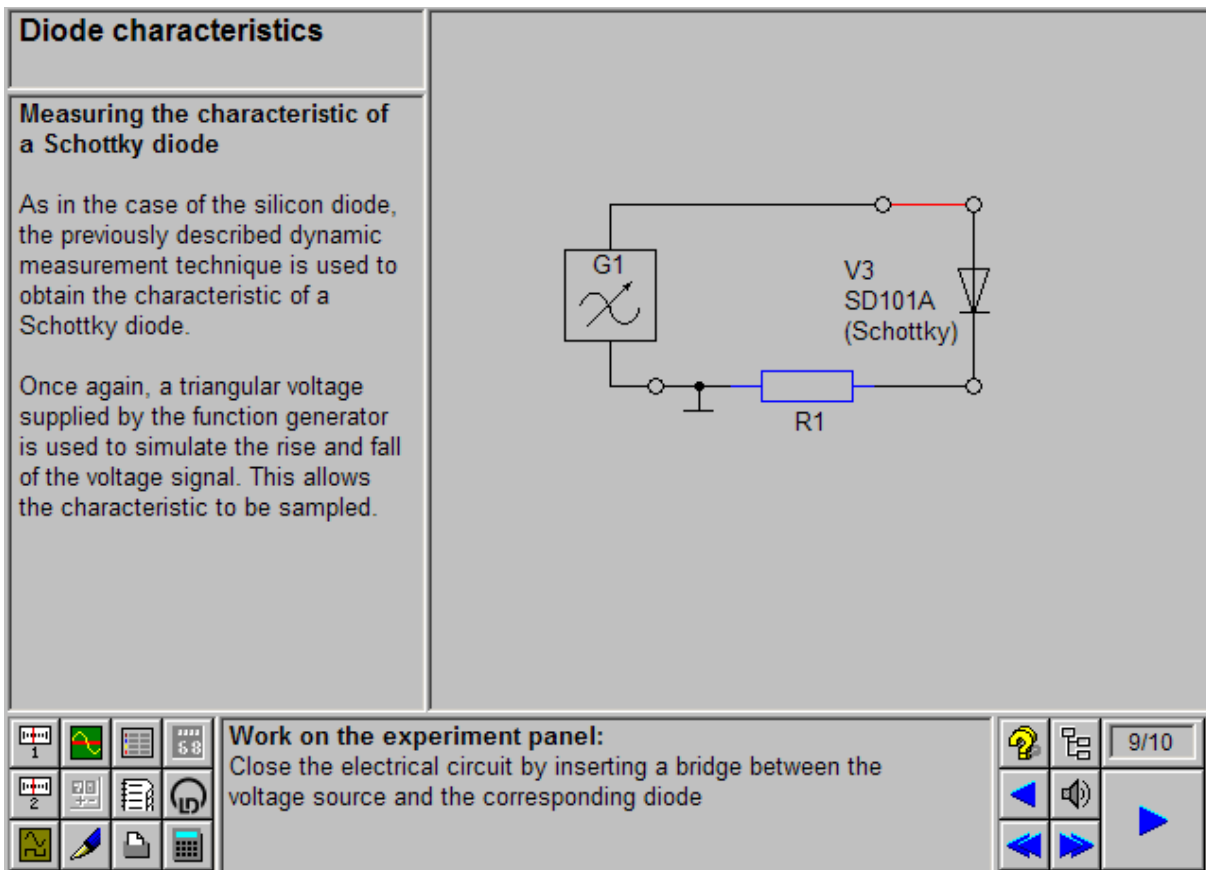


Figure 1.18. Circuitul electronic cu ajutorul căruia se va putea determina caracteristica curent-tensiune a diodei Schottky.

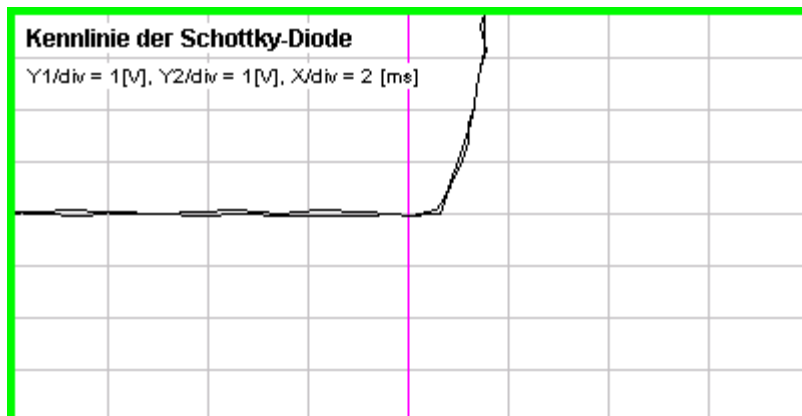


Figure 1.19. Caracteristica curent-tensiune a diodei Schottky.

1.4.5 Întrebări

1. Ce valoare are tensiunea de prag a diodei cu Si?
2. Ce valoare are tensiunea de prag a diodei cu Ge?
3. Ce valoare are tensiunea de prag a diodei Schottky?
4. Ce valoare are curentul invers pentru cele trei tipuri de diode semiconductoare?

Lucrarea 2

Dioda Zener

2.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează o diodă Zener și a procedurii prin care se poate obține caracteristica curent-tensiune. Studentul va putea obține caracteristica curent-tensiune pentru o diodă Zener ZPD5V1.

La finalul acestui laborator studentul va putea determina valorile tensiunilor de prag la polarizare directă și la polarizare inversă.

2.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 2, un osciloscop și trei fire de legătură.

2.3 Noțiuni teoretice

Dioda Zener este o diodă ce permite trecerea unui curent direct mare atunci când este polarizată direct. De asemenea permite trecerea unui curent invers mare atunci când este polarizată invers, dacă tensiunea de la borne dispozitivului a depășit o anumită valoare numită tensiune de străpungere, sau tensiune zener sau punct de avalanșă.

Acest dispozitiv a fost inventat de Clarence Zener imediat după descoperirea efectului de avalanșă. De obicei dioda Zener este utilizată în stabilizatoare de tensiune sau în circuite de protecție. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Dioda, dioda Zener, LED-ul.

2.4 Desfășurarea lucrării

2.4.1 Determinarea caracteristicii curent tensiune a diodei Zener

În figura 2.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testată dioda Zener. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune (G1), un rezistor (R1) și o diodă Zener (V1).

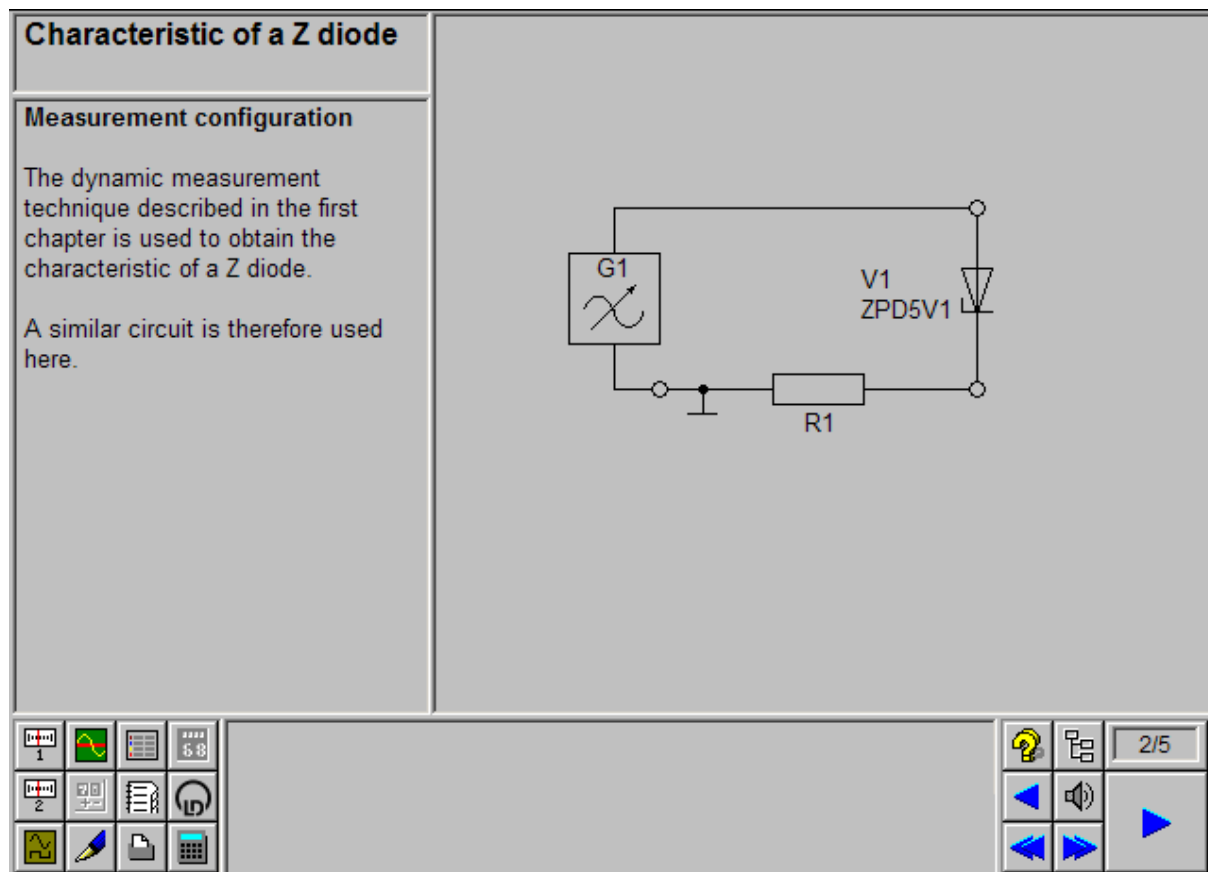


Figura 2.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii curent-tensiune a diodei Zener.

Primul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 2.2 și reprezintă conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei Zener. Anodul diodei Zener va fi conectat la borna Y1 a osciloscopului, iar catodul va fi conectat la terminalul comun al osciloscopului. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei Zener permite vizualizarea tensiunii la bornele acesteia.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1. Modul în care se va efectua conexiunea este evidențiat în figura 2.3. Astfel

vom putea vizualiza curentul ce trece prin dioda Zener cu ajutorul rezistorului de detecție a curentului.

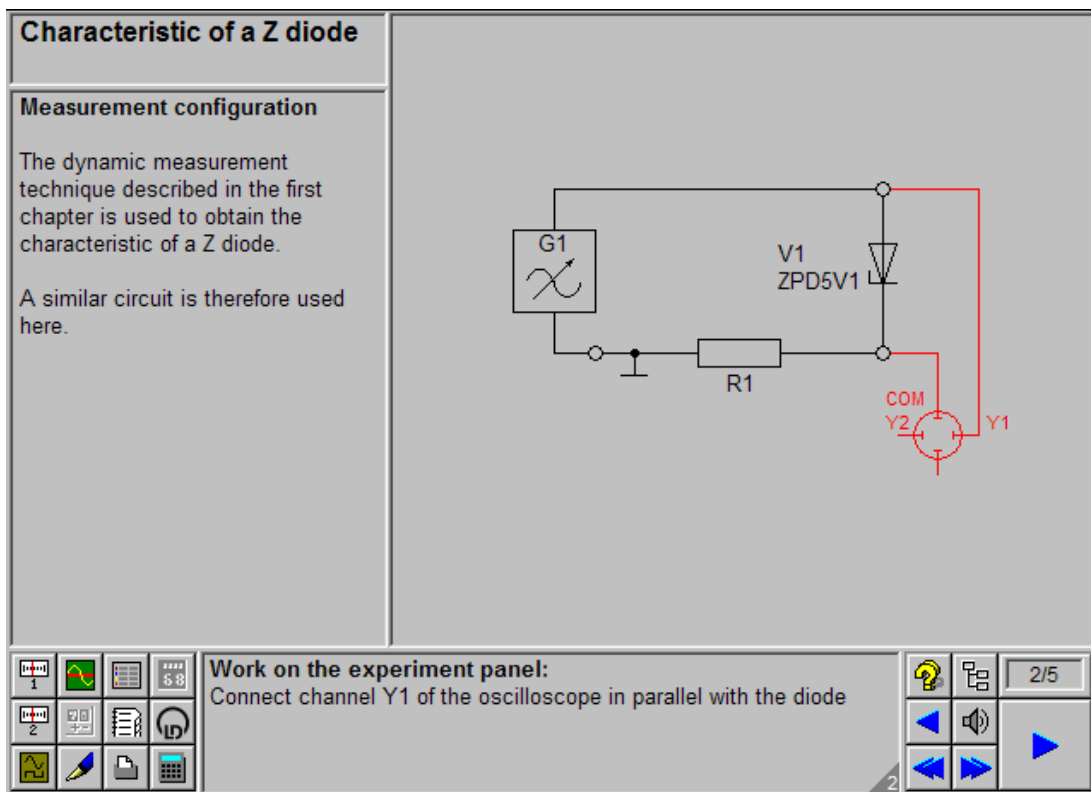


Figura 2.2. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la borne diodei Zener.

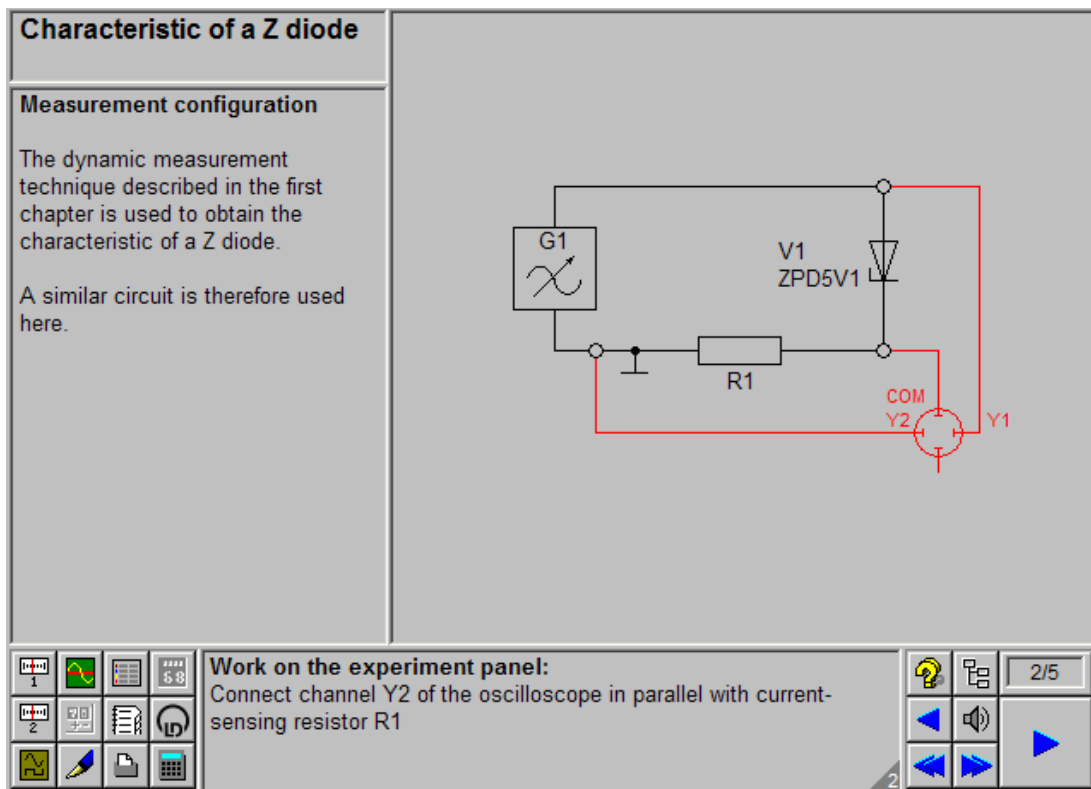


Figure 2.3. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la borne rezistorului R2.

Pasul următor reprezintă setarea generatorului de semnal conform figurii 2.4. Forma semnalului va fi triunghiulară, tensiunea va fi 20 V vârf la vârf ($V_{pp} = 20\text{ V}$), iar frecvența va fi de 50 Hz ($f = 50\text{ Hz}$).

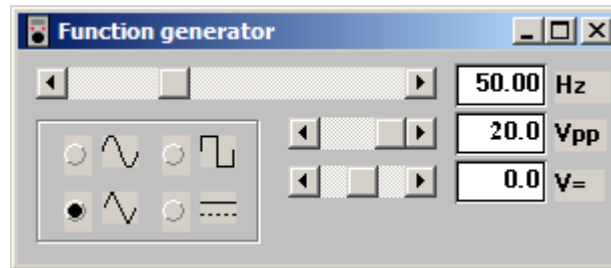


Figura 2.4. Setarea generatorului de semnal.

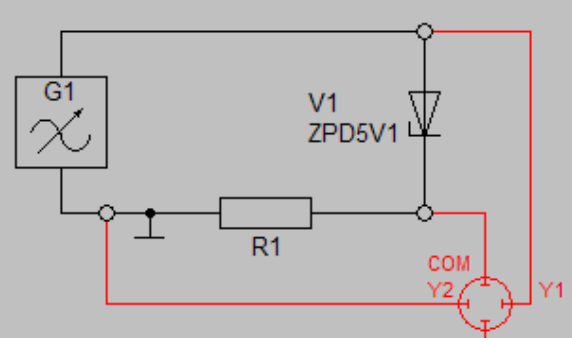
După setarea generatorului de semnal, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 2.5.

Characteristic of a Z diode

Measuring the characteristic

A triangular voltage supplied by the function generator simulates the rise and fall of the voltage signal.

This allows the characteristic to be sampled.



Parameter settings:
Set the oscilloscope to XY operation and adjust the parameters to obtain a clear picture of your results. The best display is normally obtained with the following settings: Y1div = 2 V, Y2div = 2 V, Y2att = -1, Xdiv = 2 ms and Trigger = Y1

Figura 2.5. Setarea osciloscopului.

După efectuarea setărilor evidențiate mai sus, pe osciloscop ar trebui să apară caracteristica curent-tensiune a diodei Zener. Această caracteristică este evidențiată în figura 2.6. Se observă existența a două tensiuni de prag. Tensiunea de prag la polarizare directă și tensiunea de prag la polarizare inversă.

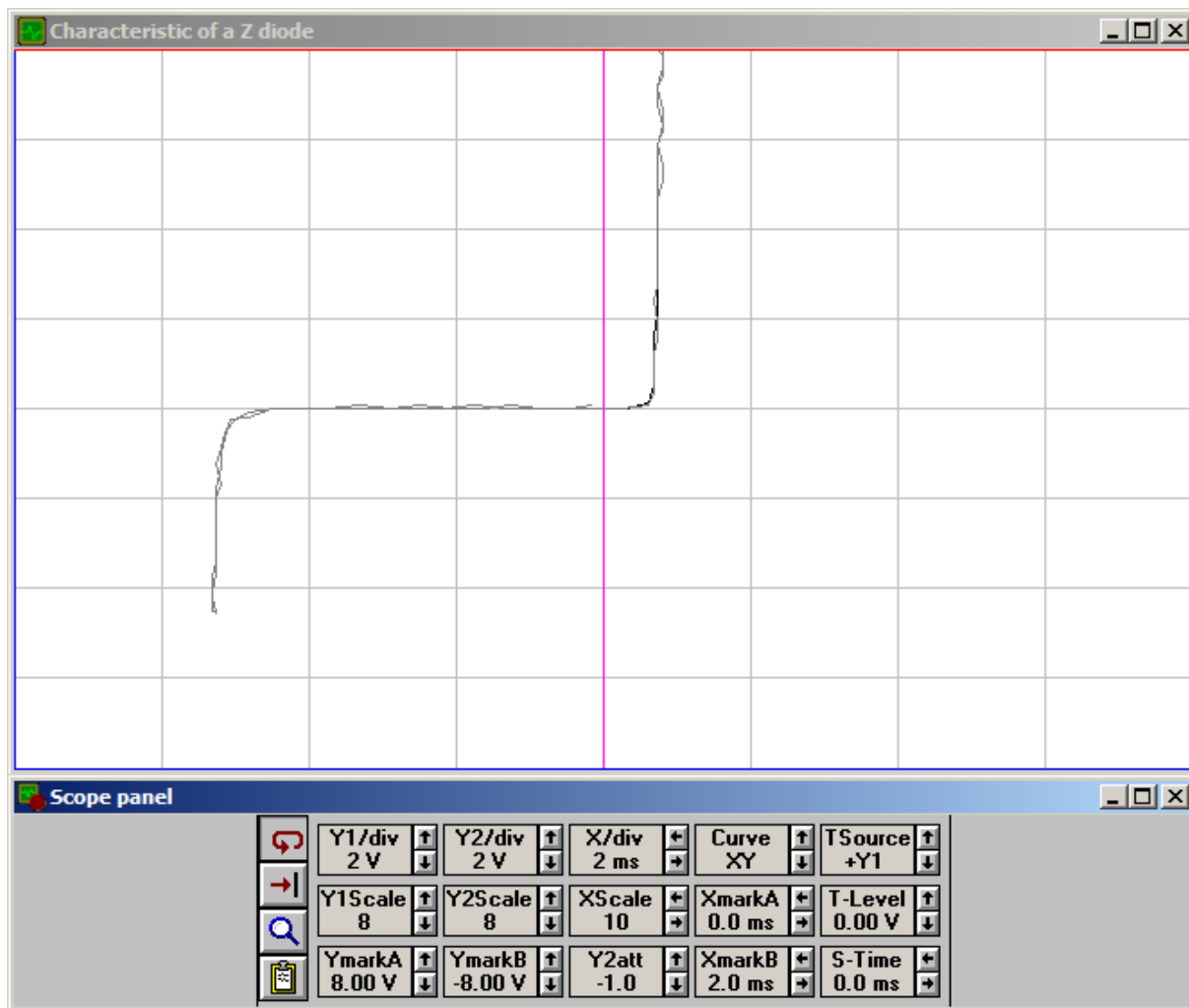


Figura 2.6. Caracteristica curent-tensiune a diodei Zener vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

2.4.2 Întrebări

1. Ce valoare are tensiunea de prag la polarizare directă?
2. Ce valoare are tensiunea de prag la polarizare inversă?

Lucrarea 3

Dioda electroluminiscentă

3.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează o diodă electroluminiscentă (LED) și a procedurii prin care se poate obține caracteristica curent-tensiune. Studentul va putea obține caracteristica curent-tensiune pentru LED-ul roșu și LED-ul verde.

La finalul acestui laborator studentul va putea determina valorile tensiunilor de prag a celor două diode electroluminiscente.

3.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 3, un osciloscop și patru fire de legătură.

3.3 Noțiuni teoretice

Un LED (Light Emitting Diode), sau dioda electroluminiscentă, este o diodă semiconductoră ce emite lumină la polarizarea directă a joncțiunii pn.

Un LED transformă energia electrică în energie luminoasă. De cele mai multe ori acestea sunt utilizate ca indicatori în cadrul dispozitivelor electronice, dar pot fi utilizate în aplicații de putere ca surse de iluminare. Culoarea luminii emise depinde de compoziția și de starea materialului semiconductor folosit. Astfel LED-ul poate fi în spectrul infraroșu, vizibil sau ultraviolet. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Dioda, dioda Zener, LED-ul.

3.4 Desfășurarea lucrării

3.4.1 Determinarea caracteristicii curent tensiune a LED-ului roșu

În figura 3.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testată dioda electroluminiscentă. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune (G1), un rezistor (R1) și o diodă electroluminiscentă (H1 sau H2). De asemenea în figura 3.1 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume conectarea unui fir de legătură pentru a închide circuitul.

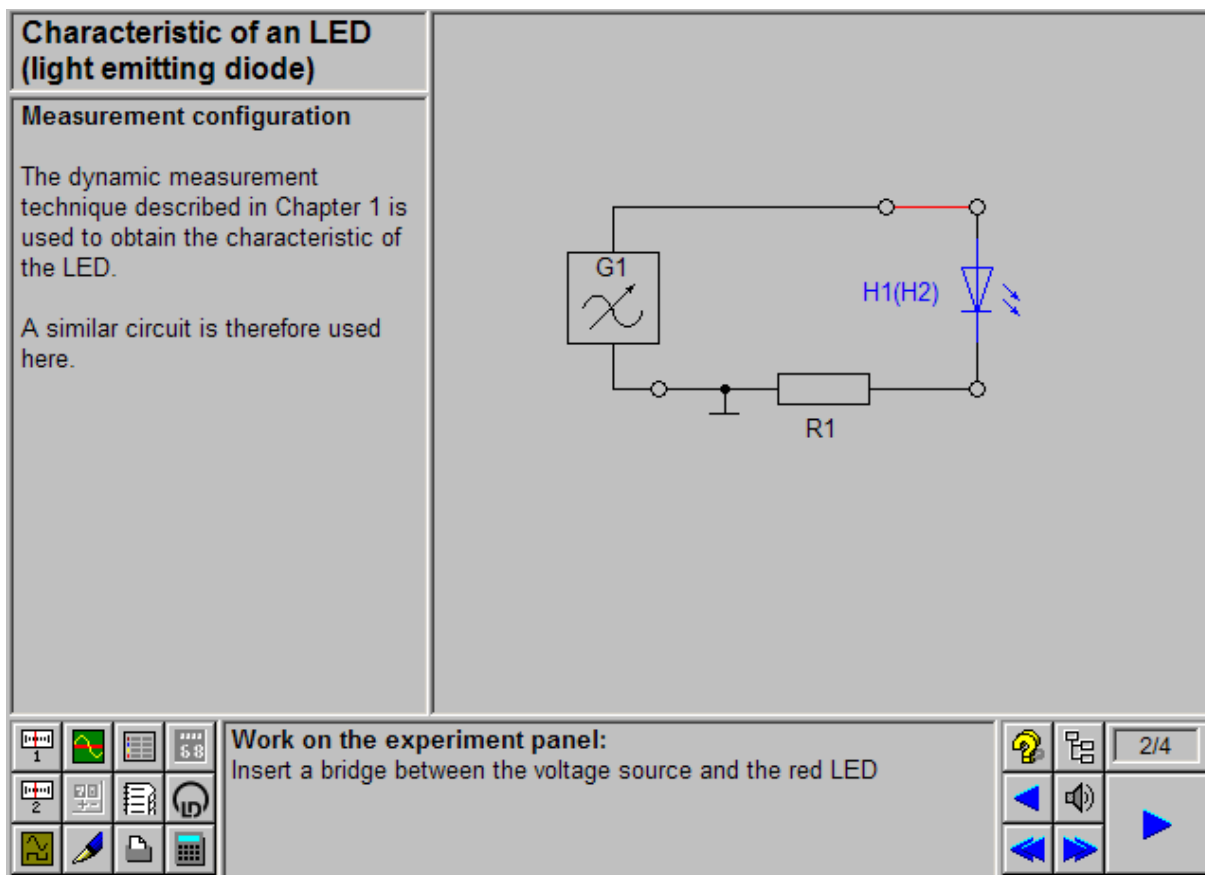


Figura 3.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii curent-tensiune a diodei electroluminiscente.

Următorul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 3.2 și reprezintă conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei electroluminiscente. Anodul LED-ului va fi conectat la borna Y1 a osciloscopului, iar catodul va fi conectat la terminalul comun al osciloscopului. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la bornele diodei electroluminiscente permite vizualizarea tensiunii la bornele acesteia.

Characteristic of an LED (light emitting diode)

Measurement configuration

The dynamic measurement technique described in Chapter 1 is used to obtain the characteristic of the LED.

A similar circuit is therefore used here.

The diagram shows a circuit with a voltage source G1, a resistor R1, and an LED H1(H2). The LED is connected in series with R1. The oscilloscope's common terminal (COM) is connected to the ground of the circuit, and channel Y1 is connected to the node between the resistor R1 and the LED. Channel Y2 is also connected to the same node, but its probe tip is not touching the circuit.

Work on the experiment panel:
Connect channel Y1 of the oscilloscope in parallel with the diode

Figura 3.2. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la borne diodei electroluminiscente.

Characteristic of an LED (light emitting diode)

Measurement configuration

The dynamic measurement technique described in Chapter 1 is used to obtain the characteristic of the LED.

A similar circuit is therefore used here.

The diagram shows the same circuit as in Figure 3.2. In this configuration, the oscilloscope's common terminal (COM) is connected to the node between the voltage source G1 and the resistor R1, and channel Y2 is connected to the node between R1 and the LED. Channel Y1 is also connected to the node between R1 and the LED, but its probe tip is not touching the circuit.

Work on the experiment panel:
Connect channel Y2 of the oscilloscope in parallel with current-sensing resistor R1

Figura 3.3. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului la borne rezistorului R1.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1. Modul în care se va efectua conexiunea este evidențiat în figura 3.3. Astfel vom putea vizualiza curentul ce trece prin LED, cu ajutorul rezistorului de detecție a curentului.

Pasul următor reprezintă setarea generatorului de semnal conform figurii 3.4. Forma semnalului va fi triunghiulară, tensiunea va fi 20 V vârf la vârf ($V_{pp} = 20\text{ V}$), iar frecvența va fi de 50 Hz ($f = 50\text{ Hz}$).

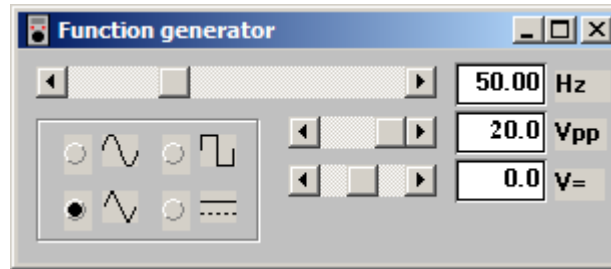


Figura 3.4. Setarea generatorului de semnal.

După setarea generatorului de semnal, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 3.5.

Characteristic of an LED (light emitting diode)

Measuring the characteristic

The characteristic of both LEDs is to be recorded. The measurement procedure is to be performed twice.

Once you have finished performing the first measurement for the red LED, connect the green LED and repeat the measurement procedure.

Parameter settings:
Set the oscilloscope to XY operation and adjust the other parameters so as to obtain a clear picture of your results. The best display is normally obtained with the following settings: Y1div = 1 V, Y2div = 1 V, Y2att = -1, Xdiv = 2 ms and Trigger = Y1

Figura 3.5. Setarea osciloscopului.

După efectuarea setărilor evidențiate mai sus, pe osciloscop ar trebui să apară caracteristica curent-tensiune a LED-ului roșu. Această caracteristică este evidențiată în figura 3.6. Se observă că LED-ul are o tensiune de prag mai mare ca cea a diodei semiconductoare.

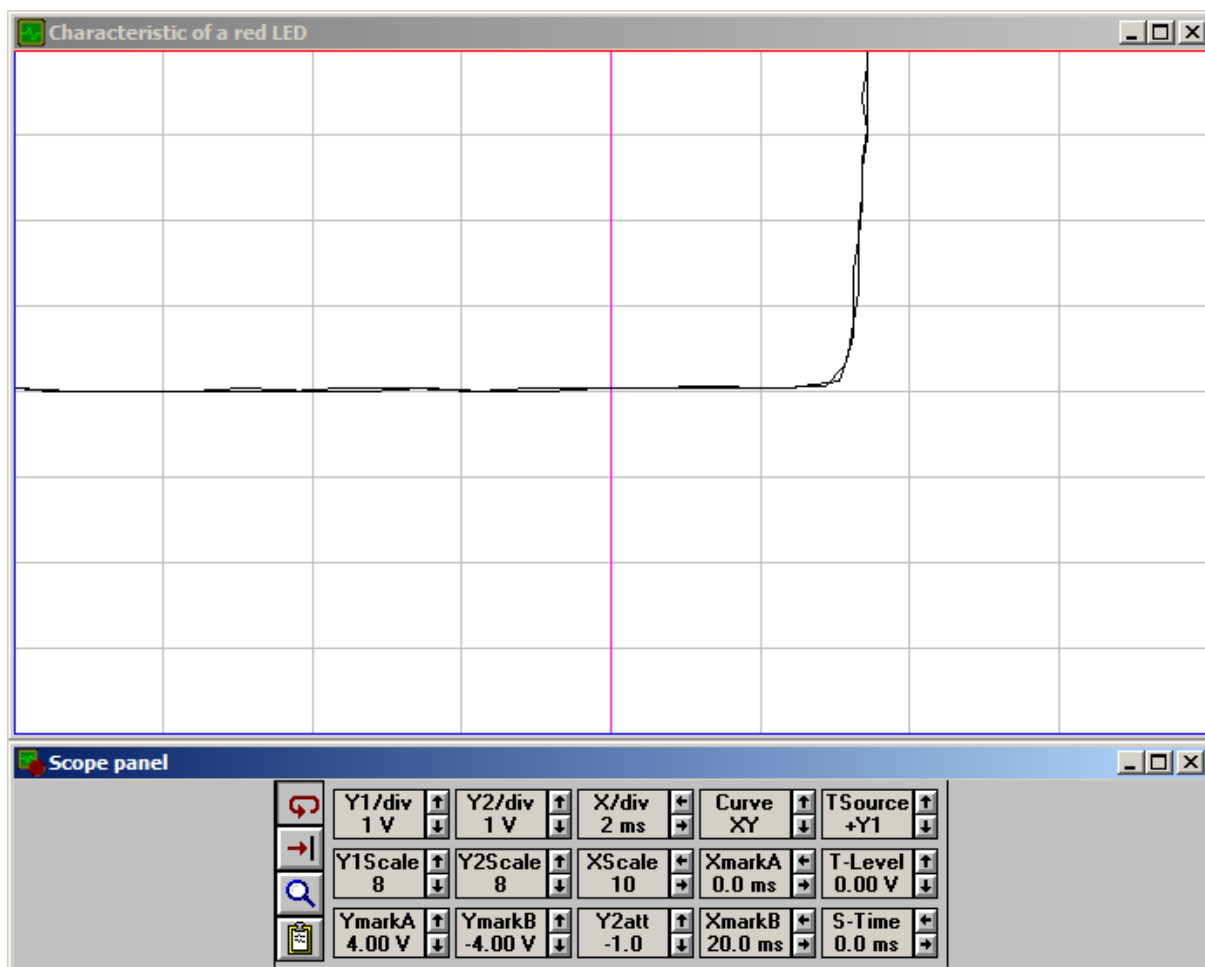


Figura 3.6. Caracteristica curent-tensiune a LED-ului roșu vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

3.4.2 Determinarea caracteristicii curent tensiune a LED-ului verde

În figura 3.7 este evidențiat circuitul cu ajutorul căruia se va determina caracteristica curent-tensiune a LED-ului verde. Pentru acest experiment este nevoie să se reia pașii evidențiați în subcapitolul 3.4.1. După parcurgerea acelor pași se va obține caracteristica curent-tensiune evidențiată în figura 3.8.

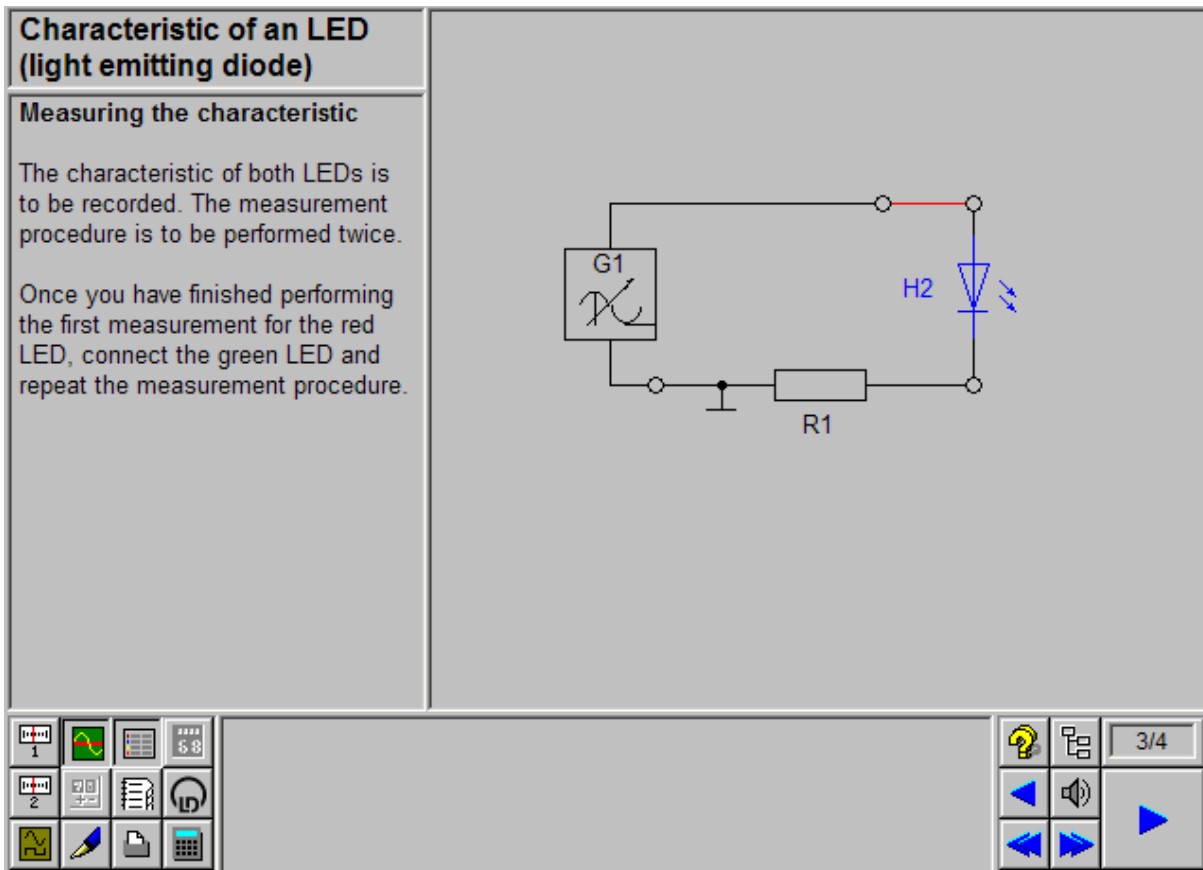


Figura 3.7. Circuitul electronic cu ajutorul căruia se va putea determina caracteristica curent-tensiune a LED-ului verde.

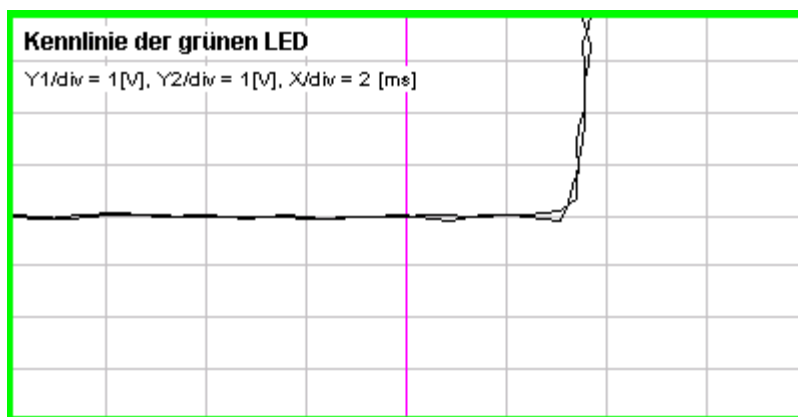


Figura 3.8. Caracteristica curent-tensiune a LED-ului verde.

3.4.3 Întrebări

1. Ce valoare are tensiunea de prag a LED-ului roșu?
2. Ce valoare are tensiunea de prag a LED-ului verde?

Lucrarea 4

Tranzistorul bipolar – caracteristica de intrare

4.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor bipolar din perspectiva caracteristicii de intrare.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor bipolar npn din punctul de vedere al terminalelor de intrare.

4.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 5, două multimetre și cinci fire de legătură.

4.3 Noțiuni teoretice

Tranzistorul bipolar poate fi npn sau pnp. Tranzistorul bipolar are trei terminale emitor (E), bază (B), colector (C). Un tranzistor bipolar, poate funcționa în: regim blocat, regim saturat sau regim activ normal. Caracteristica de intrare reprezintă caracteristica curent tensiune ce evidențiază comportamentul dispozitivului la intrare. Această caracteristică va evidenția modul în care curentul de bază se comportă atunci când tensiune bază emitor este variată. Cu ajutorul caracteristicii de intrare se poate calcula rezistența de intrare statică (raportul dintre valorile instantanee ale tensiunii bază emitor și curentul de bază), rezistența de intrare diferențială (raportul dintre variația valorilor tensiunii bază emitor și curentul de bază, în jurul unei valori instantanee). Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul bipolar.

4.4 Desfășurarea lucrării

4.4.1 Determinarea caracteristicii de intrare a tranzistorului bipolar npn

În figura 4.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul bipolar npn. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune continuă (G1), trei rezistori fixi (R1, R3 și R4), un potențiomtru (R2) și un tranzistor bipolar npn (V1). De asemenea în partea de jos a figurii 4.1 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume întoarcerea potențiometrului către limita dreaptă.

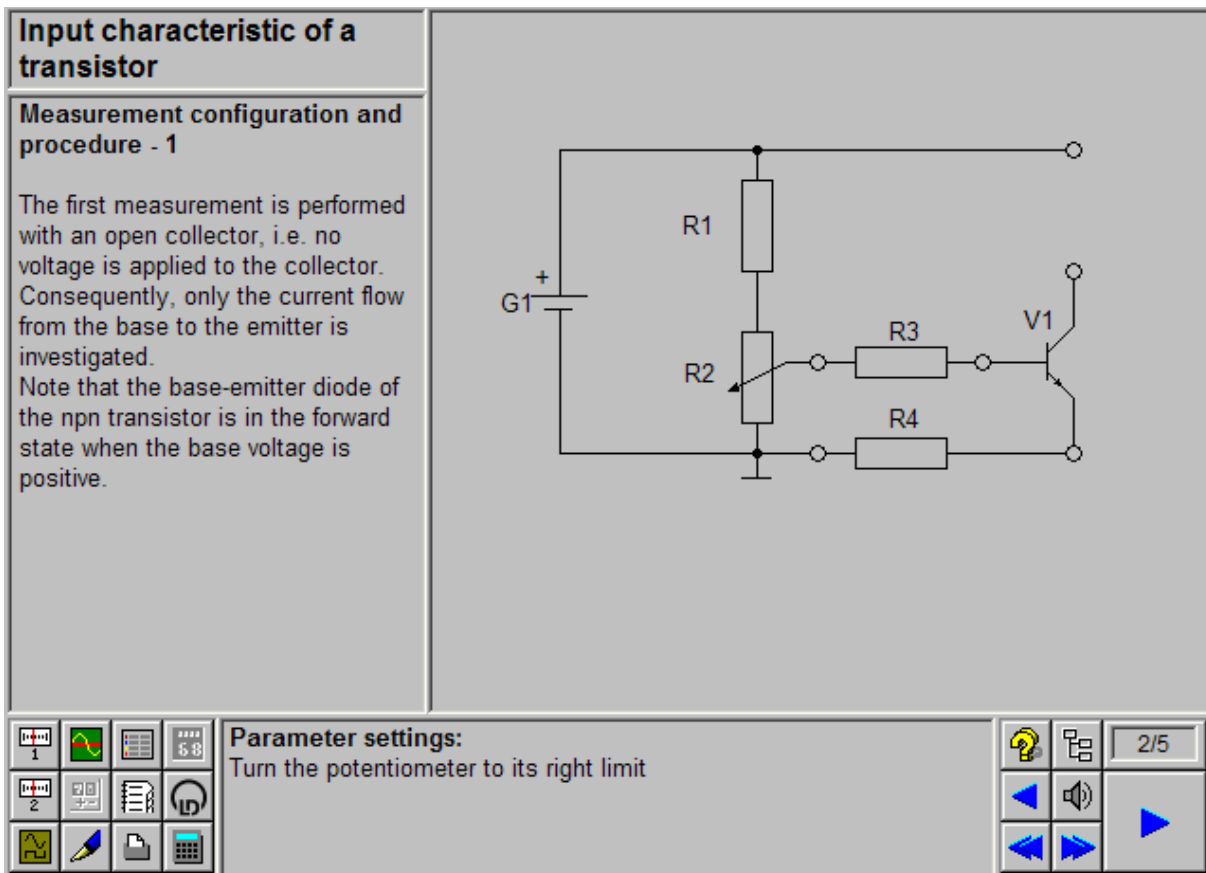


Figura 4.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii de intrare a tranzistorului bipolar npn.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 4.2 și reprezintă setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea acestuia la bornele rezistorului R3. Borna stângă a rezistorului R3 va fi conectată la borna MM1 a voltmetrului, iar borna dreaptă (cea care se conectează cu baza tranzistorului bipolar npn) va fi conectată la borna comună a voltmetrului. Conectarea voltmetrului la bornele rezistorului R1 permite înregistrarea curentului ce trece prin baza tranzistorului. R1 se numește rezistor de detecție a curentului.

Input characteristic of a transistor

Measurement configuration and procedure - 1

The first measurement is performed with an open collector, i.e. no voltage is applied to the collector. Consequently, only the current flow from the base to the emitter is investigated. Note that the base-emitter diode of the npn transistor is in the forward state when the base voltage is positive.

Work on the experiment panel:
Set multimeter 1 to direct-voltage measurement and connect it between the base and the potentiometer tap.

Figura 4.2. Conectarea multimetrului 1 la bornele rezistorului R3.

Input characteristic of a transistor

Measurement configuration and procedure - 1

The first measurement is performed with an open collector, i.e. no voltage is applied to the collector. Consequently, only the current flow from the base to the emitter is investigated. Note that the base-emitter diode of the npn transistor is in the forward state when the base voltage is positive.

Work on the experiment panel:
Set multimeter 2 to direct-voltage measurement and connect it between the base and the emitter

Figura 4.3. Conectarea multimetrului 2 la bornele de intrare ale tranzistorului bipolar (între bază și emitor).

Pașii următori, evidențiați în figura 4.3, reprezintă setarea multimetrului 2 ca voltmetru și conectarea acestuia la bornele de intrare ale tranzistorului bipolar npn. Baza tranzistorului va fi conectată la borna MM2 a voltmetrului, iar emitorul va fi conectat la borna comună a voltmetrului. Conectarea voltmetrului între bază și emitor permite înregistrarea tensiunii la bornele de intrare ale tranzistorului bipolar npn.

Pasul următor reprezintă întoarcerea foarte lentă a potențiometrului către limita stângă. Se va observa, în panoul din partea dreaptă a figurii 4.4, modul în care tranzistorul bipolar npn funcționează la intrare.

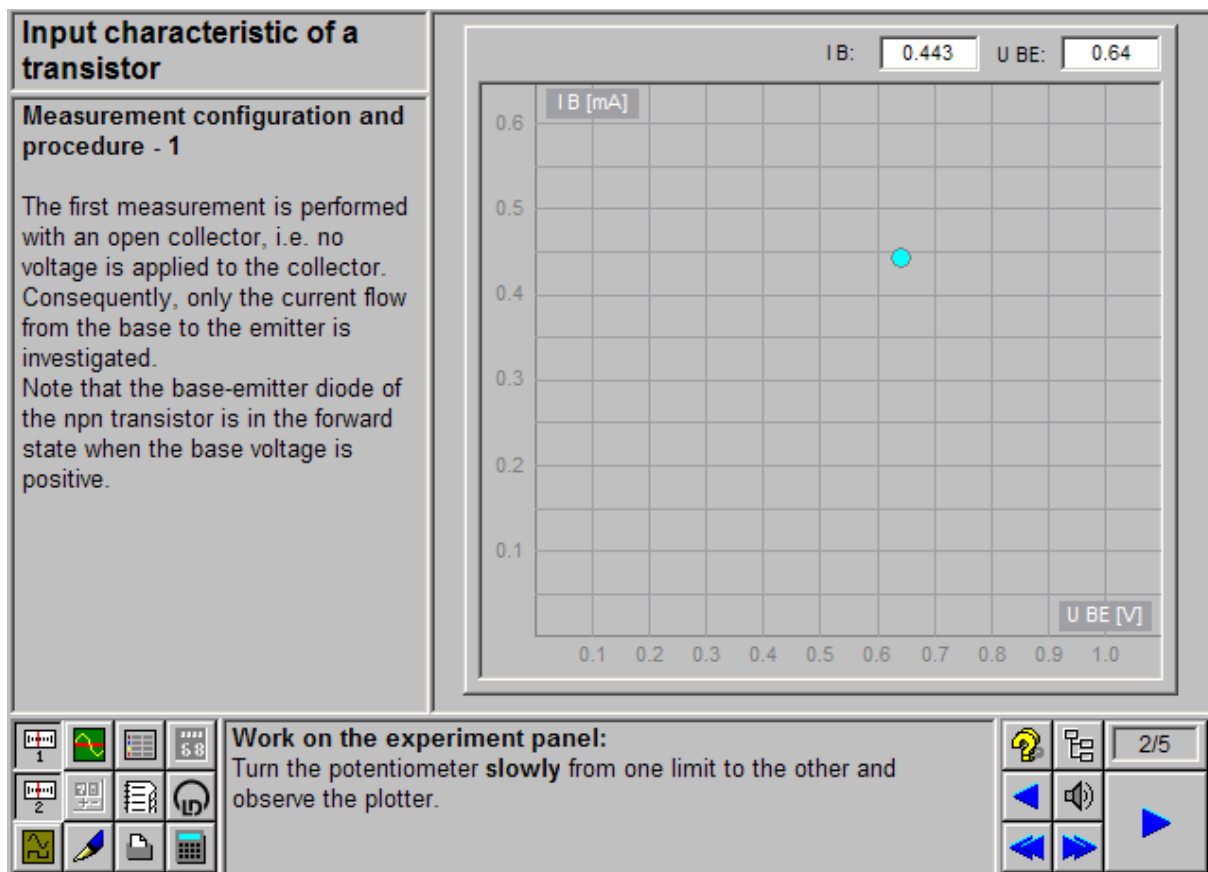


Figura 4.4. Panoul ce va evidenția comportamentul tranzistorului bipolar la intrare.

Pe abscisă este reprezentată tensiunea bază-emitor în V, iar pe ordonată este reprezentat curentul prin baza tranzistorului în mA. Ceea ce va fi reprezentat în panoul din figura 4.4 se numește caracteristică curent-tensiune.

În figura 4.5 este evidențiat rezultatul acestui experiment. Caracteristica curent-tensiune ce evidențiază funcționarea tranzistorului bipolar npn la intrare seamănă foarte mult cu aceea a diodei semiconductoare. Acest lucru se datorează faptului că între bază și emitor este o dioda numită dioda bază-emitor.

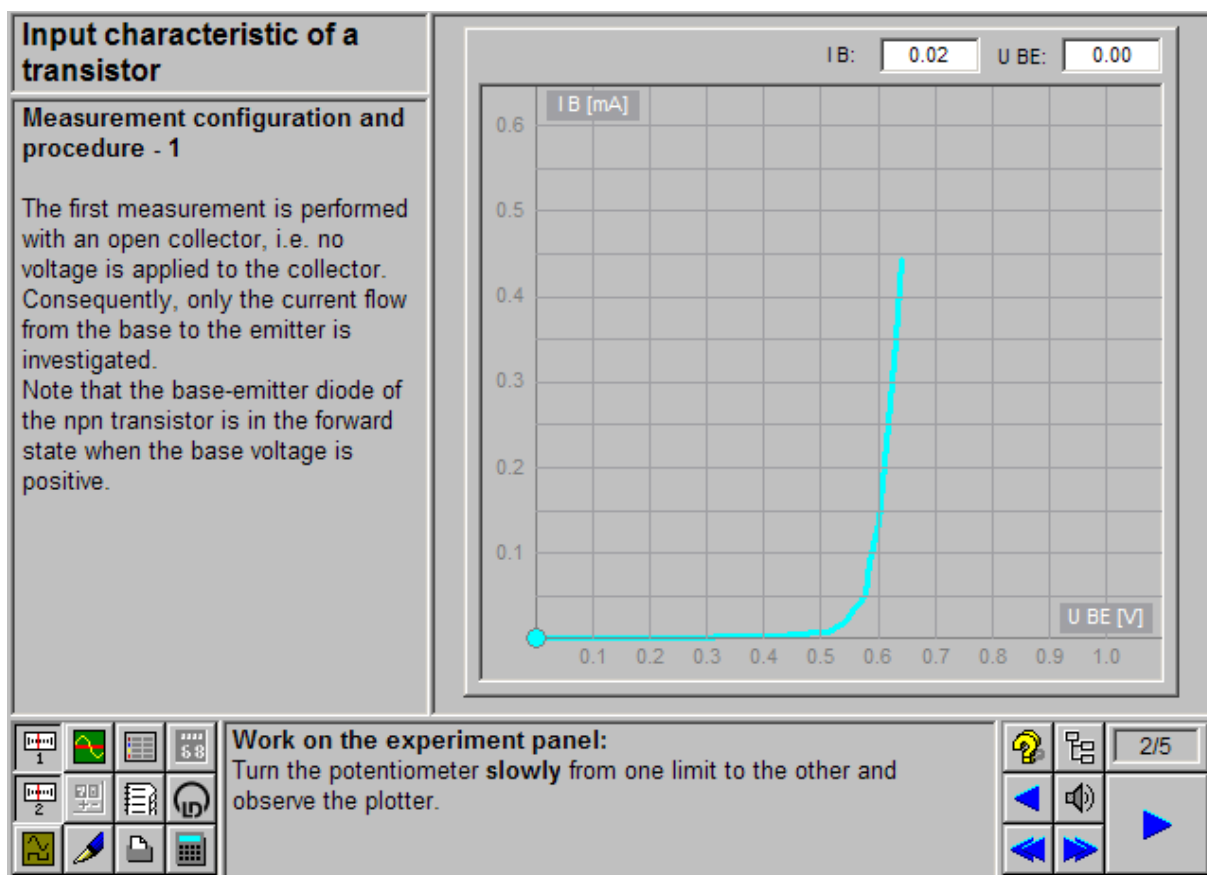


Figura 4.5. Caracteristica curent-tensiune la intrarea tranzistorului bipolar npn sau caracteristica de intrare a tranzistorului.

Prima parte a acestui experiment a fost executată menținând colectorul tranzistorului bipolar npn în „gol“. A doua parte a acestui experiment va fi executată conectând colectorul tranzistorului bipolar npn la sursa de tensiune continuă.

În acest moment experimentul va continua prin întoarcerea potențiometrului R2 către limita dreaptă. Acest pas este evidențiat în figura 4.6. În continuare cele două multimetre sunt păstrate ca voltmetre și în aceleași poziții. Multimetrul 1 în paralel cu rezistorul R3, iar multimetrul 2 în paralel cu portul de intrare al tranzistorului bipolar npn.

Pasul următor este evidențiat în figura 4.7 și constă în conectarea unui fir de legătură între terminalul pozitiv al sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului bipolar npn.

Următorul pas reprezintă întoarcerea potențiometrului R2 către limita stângă. În figura 4.8 este evidențiat rezultatul acestei operații. În această figură este reprezentată caracteristica curent-tensiune a tranzistorului bipolar npn la intrare atunci când colectorul este conectat la sursa de tensiune continuă.

Graficul din figura 4.5 și cel din figura 4.8 seamănă foarte mult. Se observă că doar valoarea curentului din baza tranzistorului diferă în cele două figuri. Acest lucru se datorează faptului că pentru fiecare experiment este sesizată o altă valoare a rezistenței în emitorul tranzistorului.

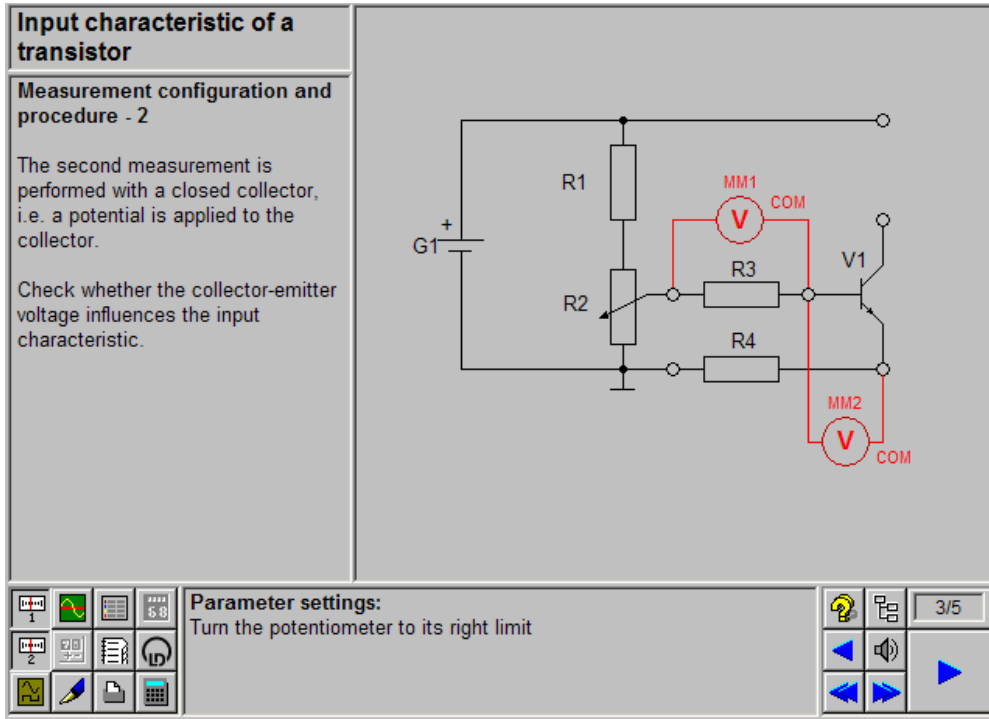


Figura 4.6. Potențiometrul R2 va fi întors spre limita dreaptă.

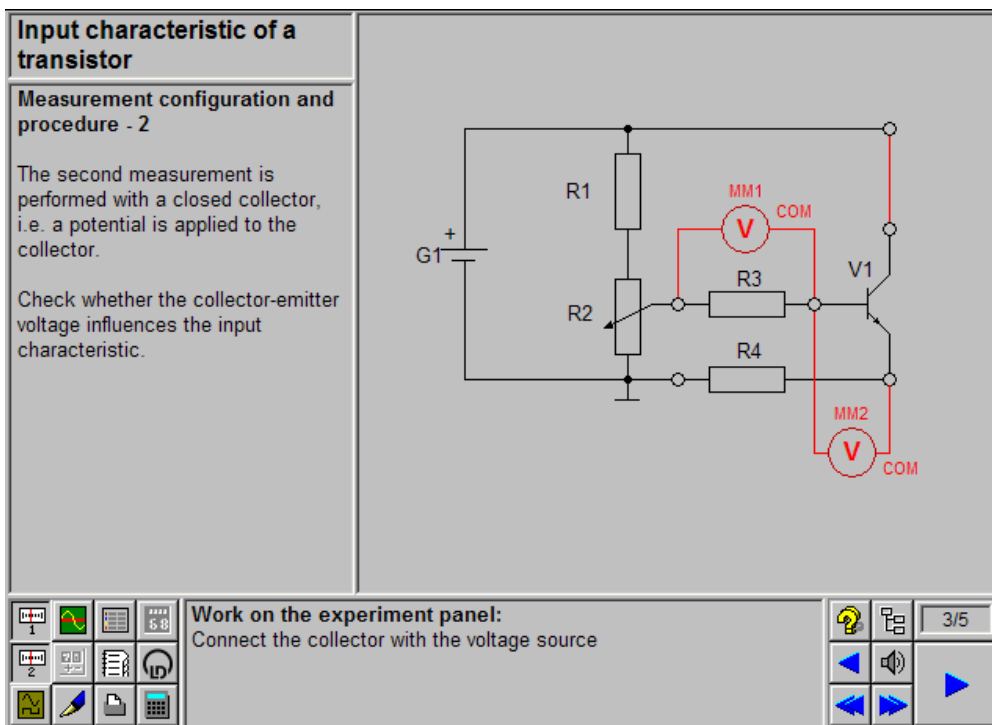


Figura 4.7. Conectarea unui fir de legătură între colector și terminalul pozitiv al sursei de tensiune continuă.

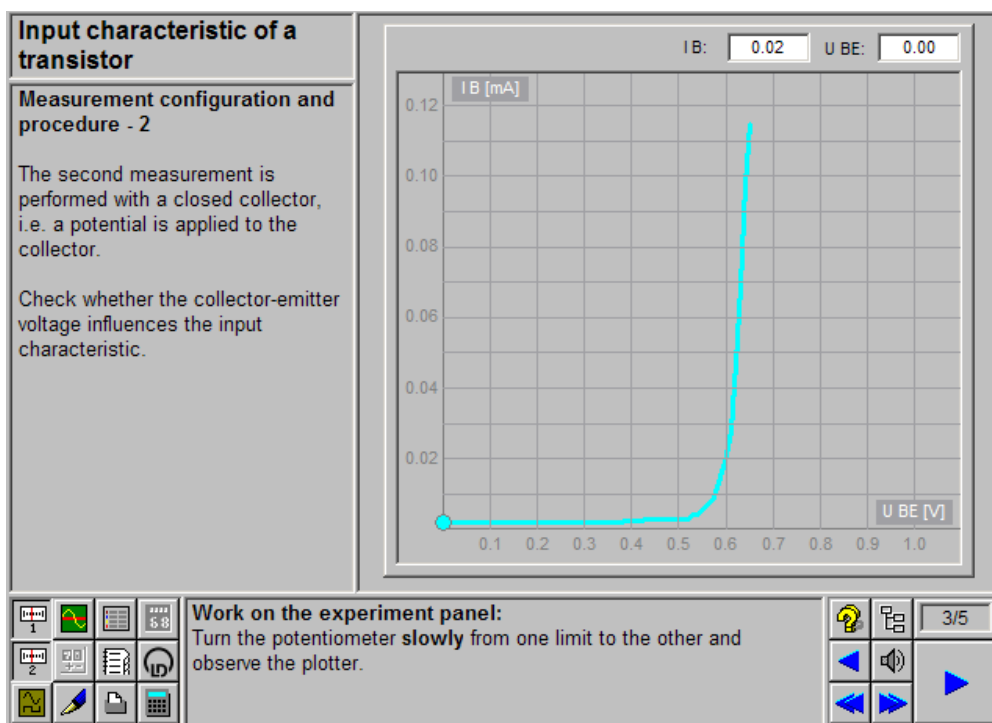


Figure 4.8. Caracteristica curent-tensiune la intrarea tranzistorului bipolar npn sau caracteristica de intrare a tranzistorului.

4.4.2 Întrebări

Să se calculeze rezistența de intrare statică și dinamică a tranzistorului bipolar npn pentru punctele afișate în figura 4.9 sau pentru cele evidențiate în figura din interfața software-ului didactic COM3LAB.

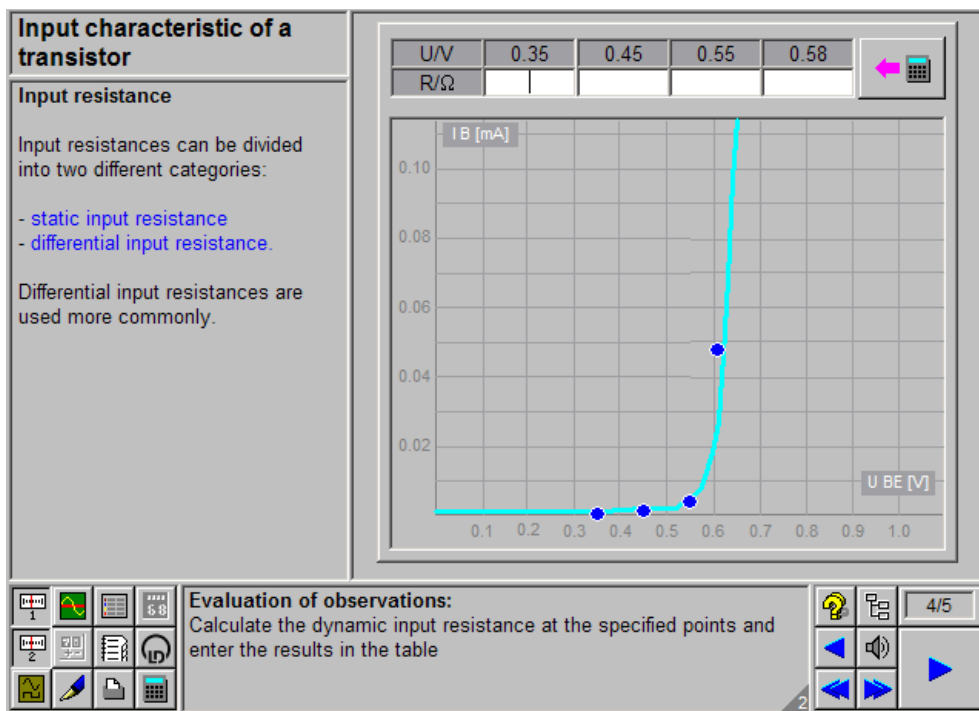


Figure 4.9. Rezistența de intrare a tranzistorului bipolar npn.

Lucrarea 5

Tranzistorul bipolar – caracteristica de transfer

5.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor bipolar din perspectiva caracteristicii de transfer.

La finalul acestui laborator studentul va putea înțelege relația ce există între curentul de bază și curentul de colector ai unui tranzistor bipolar npn.

5.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 5, două multimetre și patru fire de legătură.

5.3 Noțiuni teoretice

Tranzistorul bipolar se folosește în circuitele analogice pentru amplificarea semnalelor electronice. Caracteristica de transfer evidențiază modul în care se comportă curentul de colector atunci când curentul de bază este variat, iar tensiunea colector emitor este constantă. Cu ajutorul caracteristicii de transfer putem calcula amplificarea în curent statică și amplificarea în curent dinamică.

Amplificarea în curent statică, B , reprezintă raportul valorilor instantanee ale curentului de colector și curentului de bază. Amplificarea în curent dinamică, β , reprezintă raportul dintre variația curentului de emitor și variația curentului de bază, în jurul unei valori instantanee. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul bipolar.

5.4 Desfășurarea lucrării

5.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer a tranzistorului bipolar npn

În figura 5.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul bipolar npn. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune continuă (G1), trei rezistori fixi (R1, R3 și R4), un potențiomtru (R2) și un tranzistor bipolar npn (V1). De asemenea în partea de jos a figurii 5.1 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume întoarcerea potențiometrului către limita dreaptă.

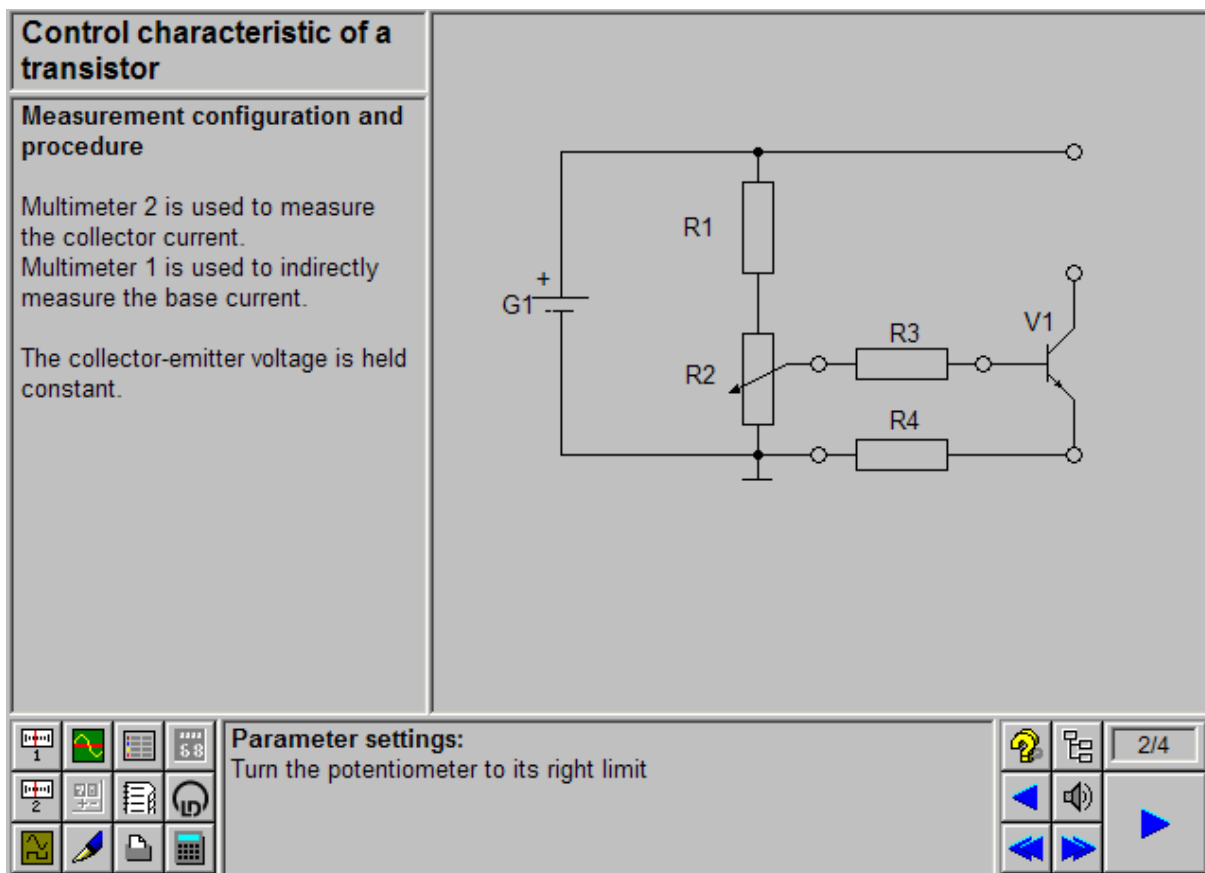


Figura 5.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii de transfer a tranzistorului bipolar npn.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 5.2 și reprezintă setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea acestuia la bornele rezistorului R3. Borna stângă a rezistorului R3 va fi conectată la borna MM1 a voltmetrului, iar borna dreaptă (cea care se conectează cu baza tranzistorului bipolar npn) va fi conectată la borna comună a voltmetrului. Conectarea voltmetrului la bornele rezistorului R1 va permite înregistrarea curentului ce trece prin baza tranzistorului. R1 se numește rezistor de detecție a curentului.

Control characteristic of a transistor

Measurement configuration and procedure

Multimeter 2 is used to measure the collector current.
 Multimeter 1 is used to indirectly measure the base current.

The collector-emitter voltage is held constant.

Work on the experiment panel:
 Set multimeter 1 to direct-voltage measurement and connect it between the base and the potentiometer tap.

Figura 5.2. Conectarea multimetrului 1 la bornele rezistorului R3.

Control characteristic of a transistor

Measurement configuration and procedure

Multimeter 2 is used to measure the collector current.
 Multimeter 1 is used to indirectly measure the base current.

The collector-emitter voltage is held constant.

Work on the experiment panel:
 Set multimeter 2 to direct-current measurement and connect it between the collector and the voltage source

Figura 5.3. Conectarea multimetrului 2 între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă și colectorul tranzistorului.

Pașii următori, evidențiați în figura 5.3, reprezintă setarea multimetrului 2 ca miliampermetru și conectarea acestuia între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă și colectorul tranzistorului bipolar npn. Borna pozitivă a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna MM2 a miliampermetrului, iar colectorul va fi conectat la borna comună a miliampermetrului. Conectarea miliampermetrului în circuitul electronic va permite înregistrarea curentului prin colectorul tranzistorului bipolar npn.

Pasul următor reprezintă întoarcerea foarte lentă a potențiometrului către limita stângă. Se va observa, în panoul din partea dreaptă a figurii 5.4, modul în care se obține caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar npn.

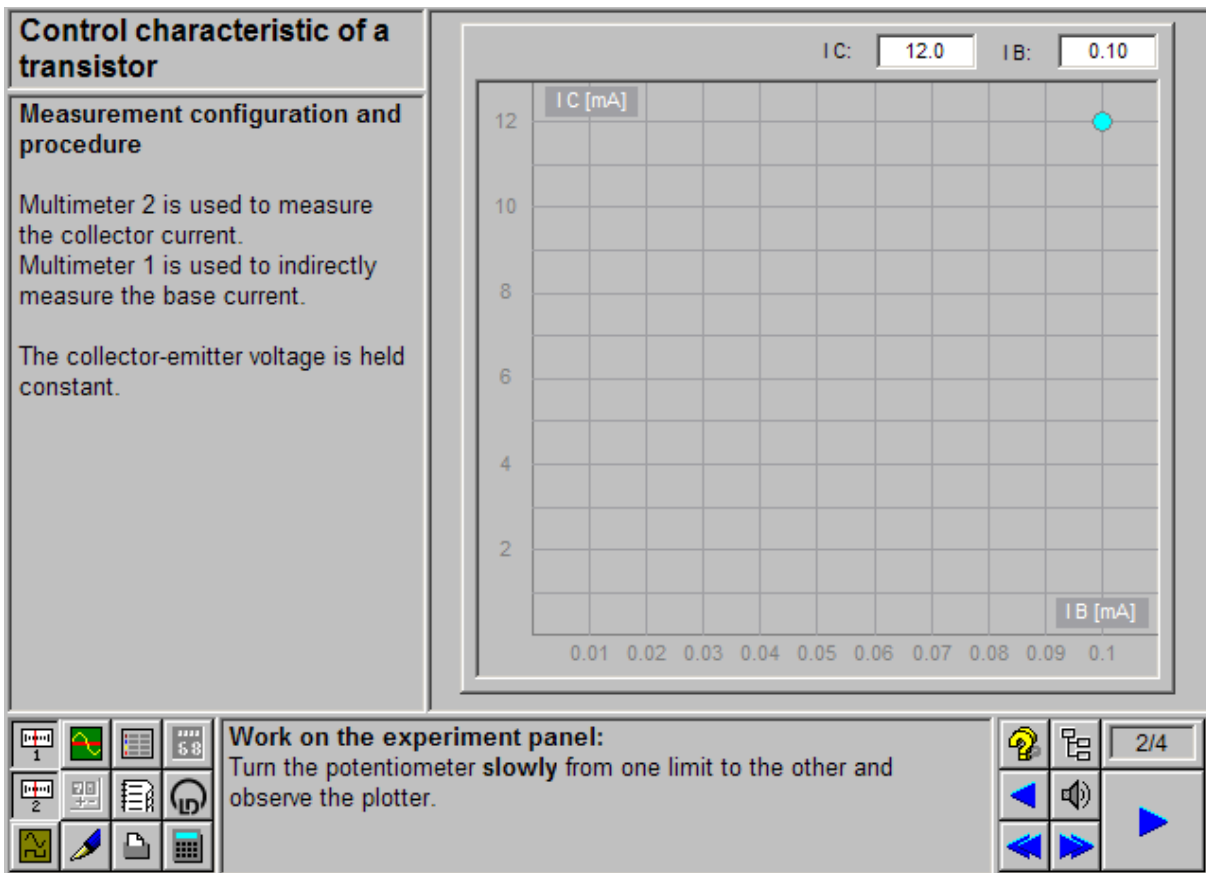


Figura 5.4. Panoul ce va evidenția caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar npn.

Pe abscisă este reprezentat curentul prin baza tranzistorului în mA, iar pe ordonată este reprezentat curentul prin colectorul tranzistorului în mA.

În figura 5.5 este evidențiat rezultatul acestui experiment. Caracteristica de transfer ce evidențiază funcționarea tranzistorului bipolar npn este aproximativ o dreaptă, ce ar trebui să treacă prin origine.

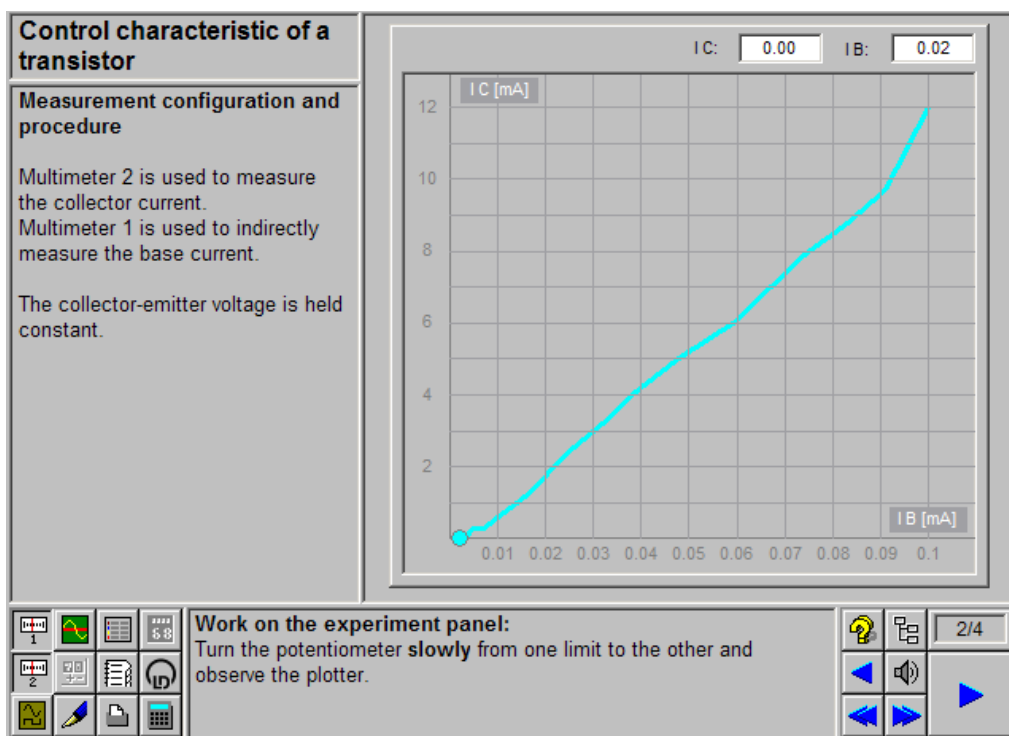


Figura 5.5. Caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar npn.

5.4.2 Întrebări

Să se calculeze factorul de amplificare statică (B) și factorul de amplificare dinamică (β) a tranzistorului bipolar npn pentru punctul evidențiat în figura 5.6 sau pentru punctul evidențiat în figura din interfața software-ului didactic COM3LAB.

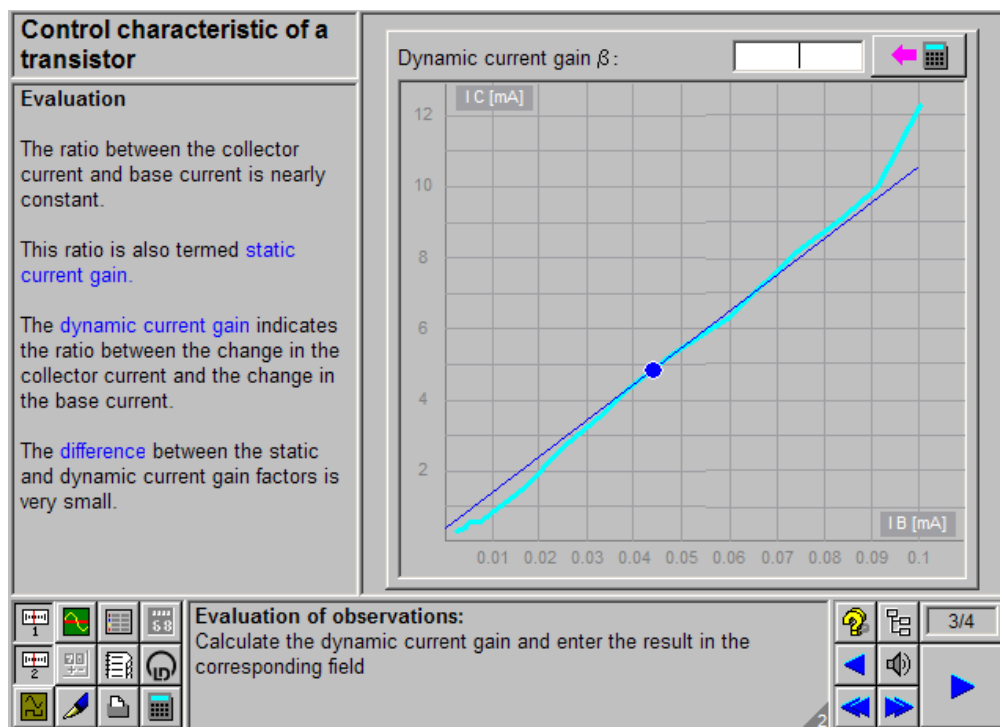


Figure 5.6. Calculul factorului de amplificare (B și β).

Lucrarea 6

Tranzistorul bipolar – caracteristica de ieșire

6.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor bipolar din perspectiva caracteristicii de ieșire.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor bipolar npn din punctul de vedere al terminalelor de ieșire.

6.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 6, un osciloscop și trei fire de legătură.

6.3 Noțiuni teoretice

În regim activ normal tranzistorul bipolar se comportă ca o sursă de curent comandată în curent.

Caracteristica de ieșire evidențiază modul în care se comportă curentul de colector atunci când tensiunea colector emitor este variată, iar curentul de bază este constant. Cu ajutorul caracteristicii de ieșire putem observa cele trei regimuri în care poate funcționa la un moment dat un tranzistor bipolar. De asemenea cu ajutorul caracteristicii de ieșire se poate calcula rezistența de ieșire diferențială. Aceasta reprezintă raportul dintre variația tensiunii colector emitor și variația curentului de colector, în jurul unei valori instantanee.

Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul bipolar.

6.4 Desfășurarea lucrării

6.4.1 Determinarea caracteristicii de ieșire a tranzistorului bipolar npn

În figura 6.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul bipolar npn. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune alternativă (G1), o sursă de curent parametrizabilă (G2), un rezistor (R1) și un tranzistor bipolar npn (V1).

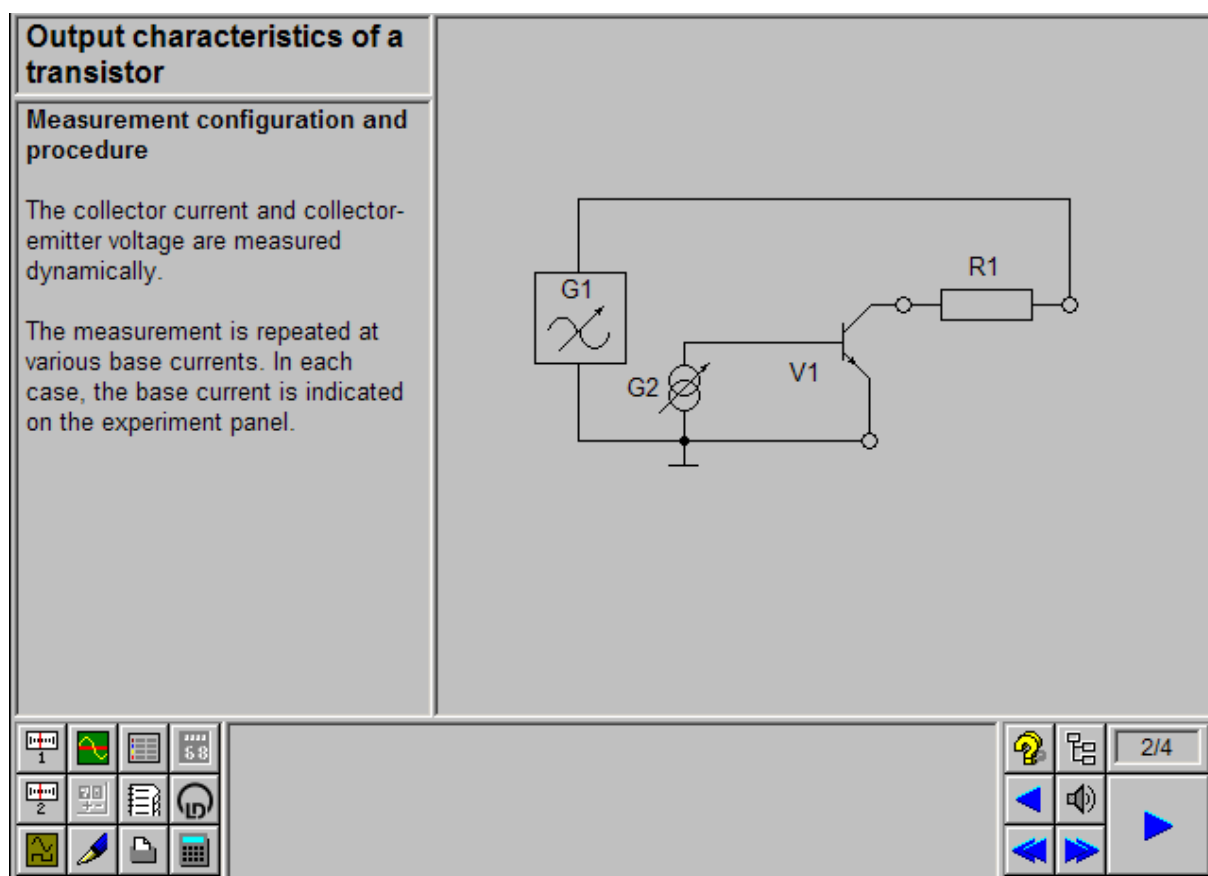


Figura 6.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii de ieșire a tranzistorului bipolar npn.

Următorul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 6.2 și reprezintă conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul tranzistorului bipolar npn. Emitorul tranzistorului va fi conectat la borna Y1 a osciloscopului, iar colectorul tranzistorului va fi conectat la borna comună a osciloscopului. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul tranzistorului bipolar npn va permite vizualizarea tensiunii între colector și emitor.

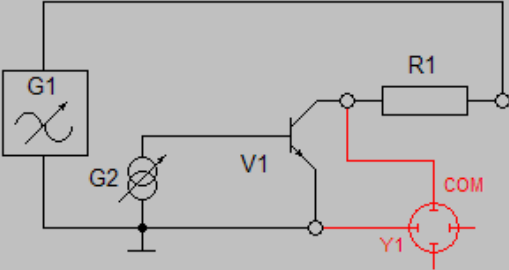
<p>Output characteristics of a transistor</p>																							
<p>Measurement configuration and procedure</p>																							
<p>The collector current and collector-emitter voltage are measured dynamically.</p>																							
<p>The measurement is repeated at various base currents. In each case, the base current is indicated on the experiment panel.</p>																							
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>													<p>Work on the experiment panel: Connect channel 1 of the oscilloscope in parallel with the collector-emitter branch of the transistor</p>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>2/4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			2/4						
		2/4																					

Figura 6.2. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul tranzistorului bipolar npn.

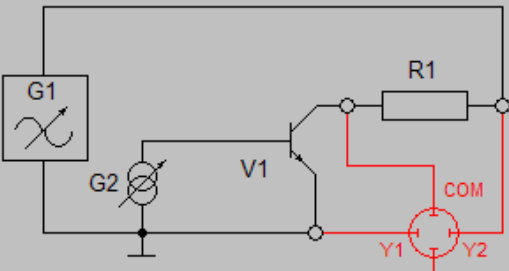
<p>Output characteristics of a transistor</p>																							
<p>Measurement configuration and procedure</p>																							
<p>The collector current and collector-emitter voltage are measured dynamically.</p>																							
<p>The measurement is repeated at various base currents. In each case, the base current is indicated on the experiment panel.</p>																							
<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>													<p>Work on the experiment panel: Connect channel 2 of the oscilloscope in parallel with current-sensing resistor R1</p>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>2/4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			2/4						
		2/4																					

Figura 6.3. Conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1. Modul în care se va efectua conexiunea este evidențiat în figura 6.3. Borna din partea dreaptă a rezistorului R1 va fi conectat la borna Y2 a osciloscopului, iar borna din partea stângă va fi conectată la borna comună a osciloscopului. Conectarea canalului Y2 la bornele rezistorului R1 va permite vizualizarea curentului ce intră în colectorul tranzistorului bipolar npn. Rezistorul R1 este utilizat ca un detector de curent.

Pasul următor reprezintă setarea sursei de tensiune alternativă (G1) conform figurii 6.4. Forma semnalului va fi triunghiulară, tensiunea va fi 10 V vârf la vârf ($V_{pp} = 10\text{ V}$), frecvența va fi de 50 Hz ($f = 50\text{ Hz}$), iar tensiune continuă de compensare va fi 5 V.

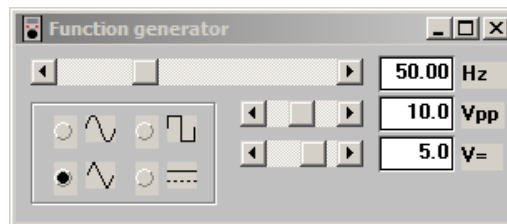


Figura 6.4. Setarea sursei de tensiune alternativă (G1).

După setarea generatorului de semnal, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 6.5.

Output characteristics of a transistor

Measurement configuration and procedure

The collector current and collector-emitter voltage are measured dynamically.

The measurement is repeated at various base currents. In each case, the base current is indicated on the experiment panel.

Work on the experiment panel:
Set the oscilloscope to XY operation and adjust the parameters to obtain a clear picture of your results. The best display is normally obtained with the following settings: Y1div = 2 V, Y2div = 2 V, Y1att = -1, Xdiv = 2 ms and Trigger = Y1

Figura 6.5. Setarea osciloscopului.

După efectuarea setărilor evidențiate mai sus, pe osciloscop ar trebui să apară caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar npn, pentru un curent de bază de $50 \mu A$. Această caracteristică este evidențiată în figura 6.6.

Se observă că în intervalul $0 V - 0.25 V$ curentul crește aproape liniar. În acest interval se spune că tranzistorul este în saturație.

În intervalul $0.25 V - 10 V$ curentul prin colector se menține constant. Acest lucru înseamnă că tranzistorul npn se comportă ca o sursă curent pentru interval evidențiat mai sus și vom vedea în figura următoare că această sursă de curent va fi comandată în curent. În acest interval se spune că tranzistorul este în regim activ normal.

În cazul în care curentul prin bază va fi egal cu zero și curentul de colector va fi egal cu zero în intervalul de tensiuni $0 V - 10 V$. În acest interval se spune că tranzistorul este blocat.

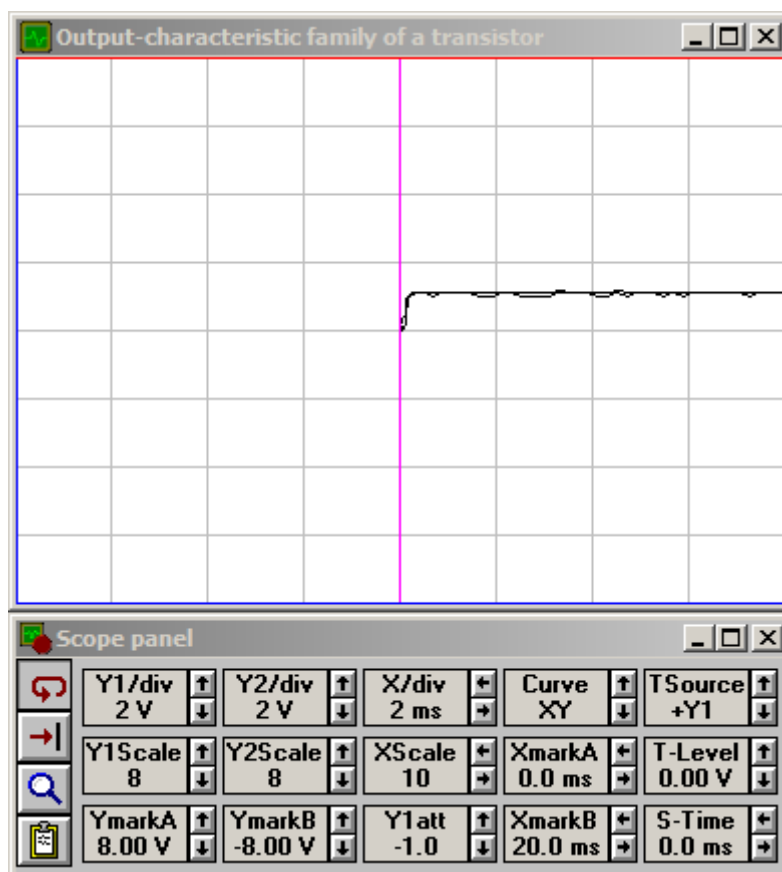


Figura 6.6. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar npn vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

În continuare curentul de bază va fi mărit în trepte, astfel: $100 \mu A$, $150 \mu A$ și $200 \mu A$. Curentul de colector va crește o dată cu creșterea curentului de bază. Pe ecranul

osciloscopului vor apărea caracteristicile de ieșire pentru curenții evidențiați mai sus. Acest lucru este reprezentat în figurile 6.7 și 6.8.

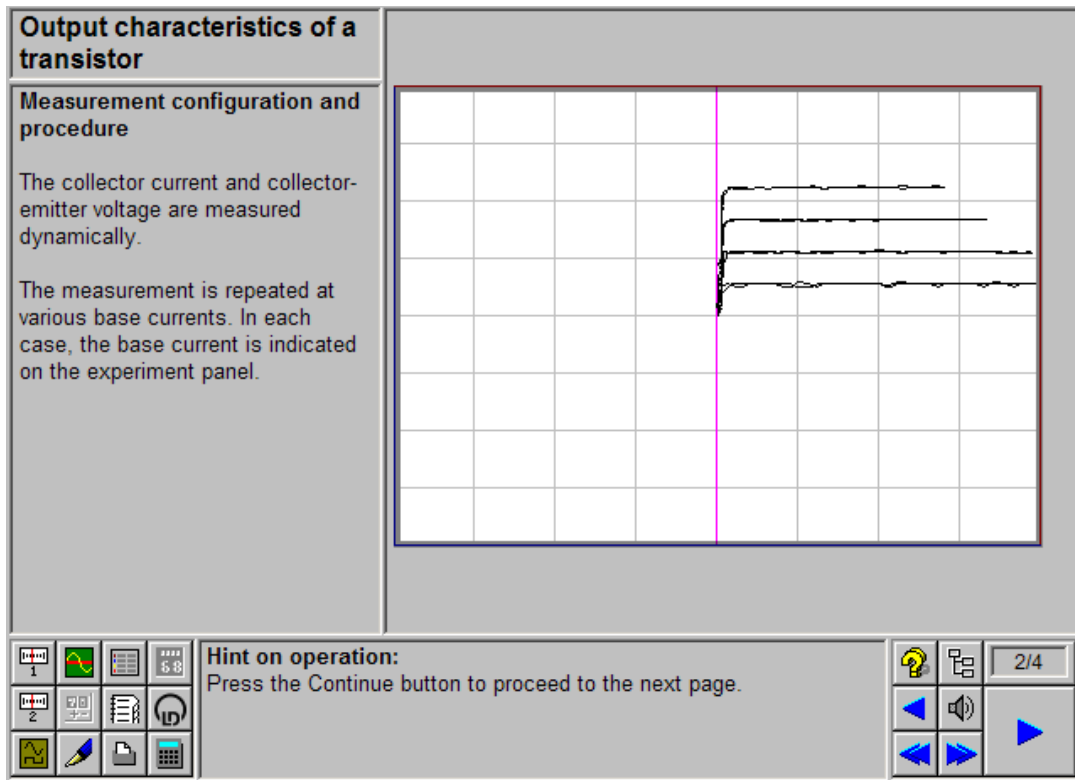


Figura 6.7. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar npn vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

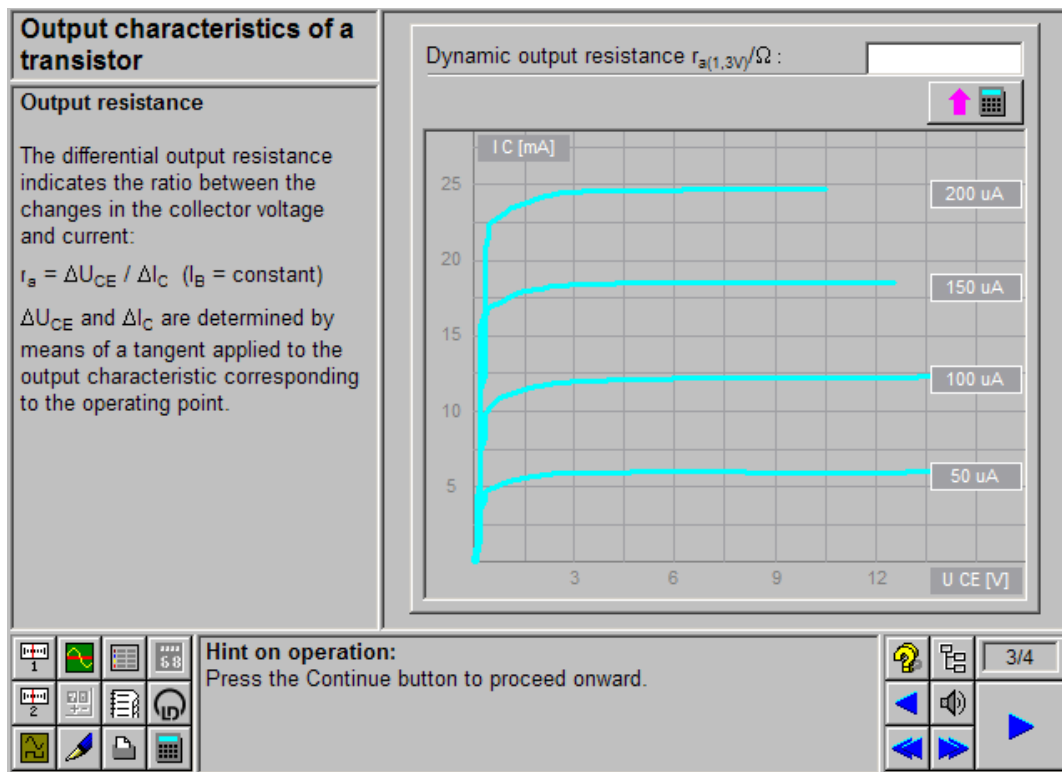


Figura 6.8. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar npn.

6.4.2 Întrebări

Să se calculeze rezistența de ieșire dinamică pentru punctul evidențiat în figura 6.9 sau pentru punctul evidențiat în figura din interfața software-ului didactic COM3LAB.

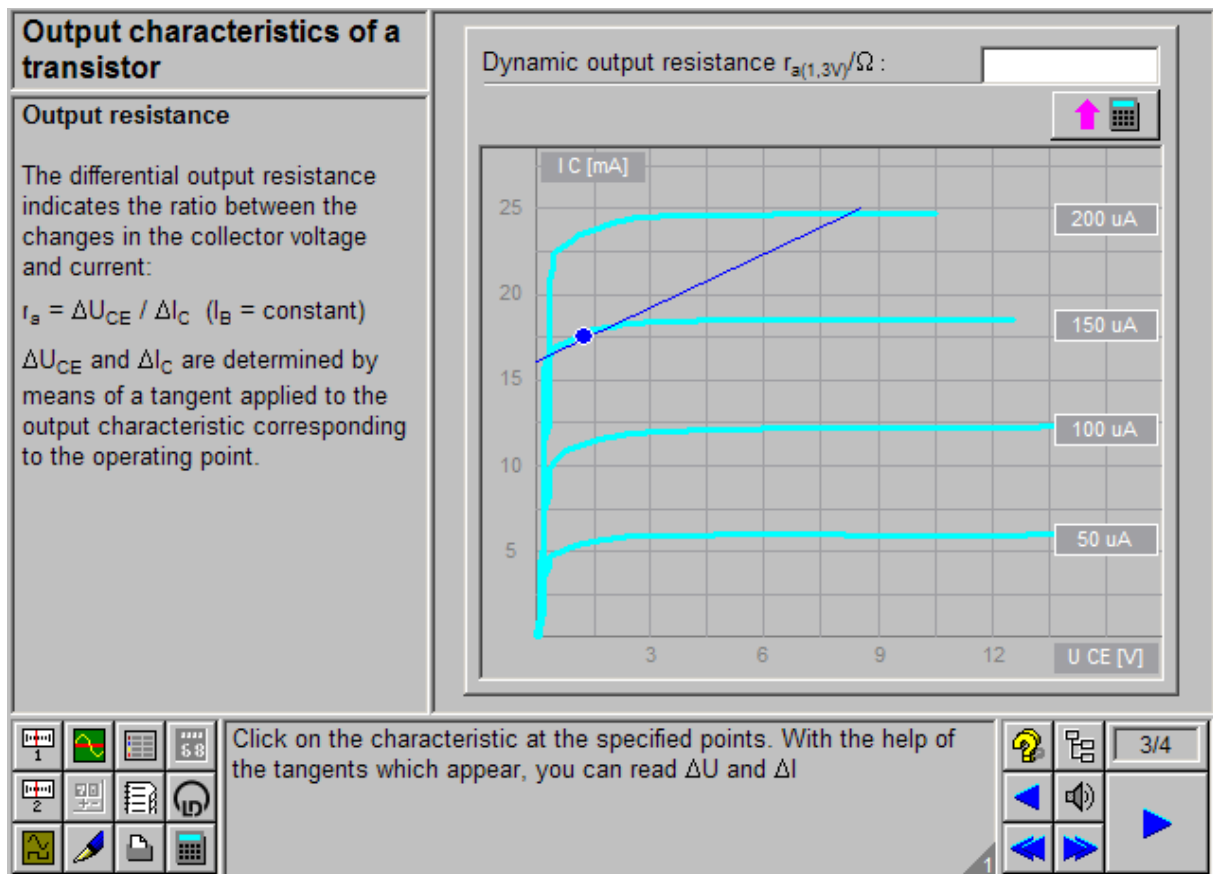


Figure 6.9. Rezistența de ieșire dinamică.

Să se răspundă la următoarea întrebare. Dacă se va mări curentul de bază, curentul de colector din caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar npn: va rămâne constant, se va mări sau se va micșora?

Lucrarea 7

Fototranzistorul

7.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un fototranzistor din perspectiva caracteristicii de ieșire.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un fototranzistor din punctul de vedere al terminalelor de ieșire.

7.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 7, un osciloscop și trei fire de legătură.

7.3 Noțiuni teoretice

Fototranzistorul este un dispozitiv optoelectronic, realizat pe o structură de tranzistor, al cărui curent de colector este comandat de un flux luminos. Baza tranzistorului este înlocuită cu o suprafață care poate fi iluminată, asigurând astfel curentul de baza necesar. Totuși unele fototranzistoare sunt prevăzute cu electrod de bază. Fototranzistorul este un transistor cu jonctiunea bază colector fotosensibilă. Pentru fototranzistoare există două variante constructive: cu două terminale sau cu trei terminale. În configurația cu două terminale, baza nu este accesibilă, situație în care semnalul de intrare în fototranzistor este exclusiv semnalul luminos. În configurația cu trei terminale, baza se conectează în circuit și asigură o stabilitate mai bună a punctului static de funcționare față de variațiile de temperatură. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Fototranzistorul.

7.4 Desfășurarea lucrării

7.4.1 Determinarea caracteristicii de ieșire a fototranzistorului

În figura 7.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat fototranzistorul. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune alternativă (G1), o sursă de tensiune continuă parametrizabilă (G2), un rezistor (R1), un led (H1) și un fototranzistor (V1).

Characteristic of a phototransistor	
Measurement configuration and procedure	
The dynamic measurement technique is used to determine the current through the phototransistor and the voltage drop across it.	
Ensure that no direct light impinges on the phototransistor. If necessary, perform the measurement in a dark room .	
Repeat the measurement at different degrees of illuminance.	

The diagram illustrates the measurement setup. On the left, an AC voltage source G1 is connected in series with a resistor R1 and a phototransistor V1. The phototransistor is connected in a common-emitter configuration. On the right, a DC voltage source G2 is connected to an LED H1. The LED H1 is positioned to illuminate the phototransistor V1. The circuit is shown in a software interface with various control buttons at the bottom.

Figura 7.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii de ieșire a fototranzistorului.

Următorul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 7.2 și reprezintă conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul fototranzistorului. Colectorul fototranzistorului va fi conectat la borna Y1 a osciloscopului, iar emitorul fototranzistorului va fi conectat la borna comună a osciloscopului. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul fototranzistorului va permite vizualizarea tensiunii între colector și emitor.

Characteristic of a phototransistor

Measurement configuration and procedure

The dynamic measurement technique is used to determine the current through the phototransistor and the voltage drop across it.

Ensure that no direct light impinges on the phototransistor. If necessary, perform the measurement in a **dark** room.

Repeat the measurement at different degrees of illuminance.

1	2	3	4
5	6	7	8

Work on the experiment panel:
Connect channel 1 of the oscilloscope in parallel with the collector-emitter branch of the transistor

?	2/3
◀	▶
◀▶	▶

Figura 7.2. Conectarea canalului Y1 al osciloscopului între colectorul și emitorul fototranzistorului.

Characteristic of a phototransistor

Measurement configuration and procedure

The dynamic measurement technique is used to determine the current through the phototransistor and the voltage drop across it.

Ensure that no direct light impinges on the phototransistor. If necessary, perform the measurement in a **dark** room.

Repeat the measurement at different degrees of illuminance.

1	2	3	4
5	6	7	8

Work on the experiment panel:
Connect channel 2 of the oscilloscope in parallel with current-sensing resistor R1

?	2/3
◀	▶
◀▶	▶

Figura 7.3. Conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1.

Pasul următor reprezintă conectarea canalului Y2 al osciloscopului la bornele rezistorului R1. Modul în care se va efectua conexiunea este evidențiat în figura 7.3. Borna din partea stângă a rezistorului R1 va fi conectată la borna Y2 a osciloscopului, iar borna din partea dreaptă va fi conectată la borna comună a osciloscopului. Conectarea canalului Y2 la bornele rezistorului R1 va permite vizualizarea curentului ce iese prin emitorul fototranzistorului. Rezistorul R1 este utilizat ca un detector de curent.

Pasul următor reprezintă setarea generatorului de tensiune alternativă (G1) conform figurii 7.4. Forma semnalului va fi triunghiulară, tensiunea va fi 10 V vârf la vârf ($V_{pp} = 10$ V), frecvența va fi de 50 Hz ($f = 50$ Hz), iar tensiune continuă de compensare va fi 5 V.

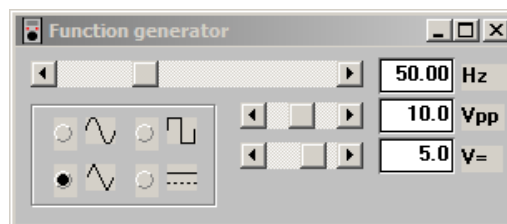


Figura 7.4. Setarea generatorului de tensiune alternativă (G1).

După setarea generatorului de semnal, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 7.5.

Characteristic of a phototransistor

Measurement configuration and procedure

The dynamic measurement technique is used to determine the current through the phototransistor and the voltage drop across it.

Ensure that no direct light impinges on the phototransistor. If necessary, perform the measurement in a **dark** room.

Repeat the measurement at different degrees of illuminance.

Work on the experiment panel:

Set the oscilloscope to XY operation and adjust the parameters to obtain a clear picture of your results. The best display is normally obtained with the following settings: Y1div = 2 V, Y2div = 5 V, Xdiv = 2 ms and Trigger = Y2

Figura 7.5. Setarea osciloscopului.

După efectuarea setărilor evidențiate mai sus, pe osciloscop ar trebui să apară caracteristica de ieșire a fototranzistorului pentru o iluminare de $7.8 W/m^2$. Această caracteristică este evidențiată în figura 7.6.

Se observă că în intervalul $0 V - 0.25 V$ curentul crește aproape liniar. În acest interval se spune că fototranzistorul este în saturație.

În intervalul $0.25 V - 10 V$ curentul din emitor se menține constant. Acest lucru înseamnă că fototranzistorul se comportă ca o sursă de curent în intervalul menționat mai sus și vom vedea în figura următoare că această sursă de curent va fi comandată de curentul ce trece prin LED sau de iluminarea LED-ului. În acest interval se spune că fototranzistorul este în regim activ normal.

În cazul în care curentul prin bază va fi egal cu zero și curentul de colector va fi egal cu zero în intervalul de tensiuni $0 V - 10 V$. În acest interval se spune că fototranzistorul este blocat.

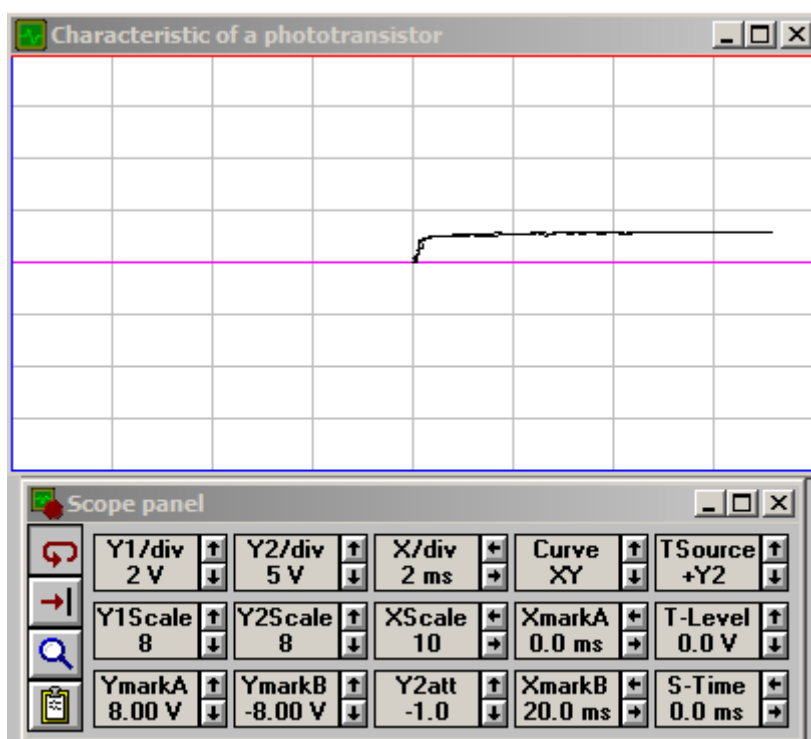


Figura 7.6. Caracteristica de ieșire a fototranzistorului vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

În continuare iluminarea LED-ului va fi mărită în trepte, astfel: $17 W/m^2$, $25 W/m^2$ și $33 W/m^2$. Curentul de emitor va crește o dată cu creșterea iluminării LED-ului. Pe ecranul osciloscopului vor apărea caracteristicile de ieșire pentru iluminările evidențiate mai sus. Acest lucru este reprezentat în figurile 7.7 și 7.8.

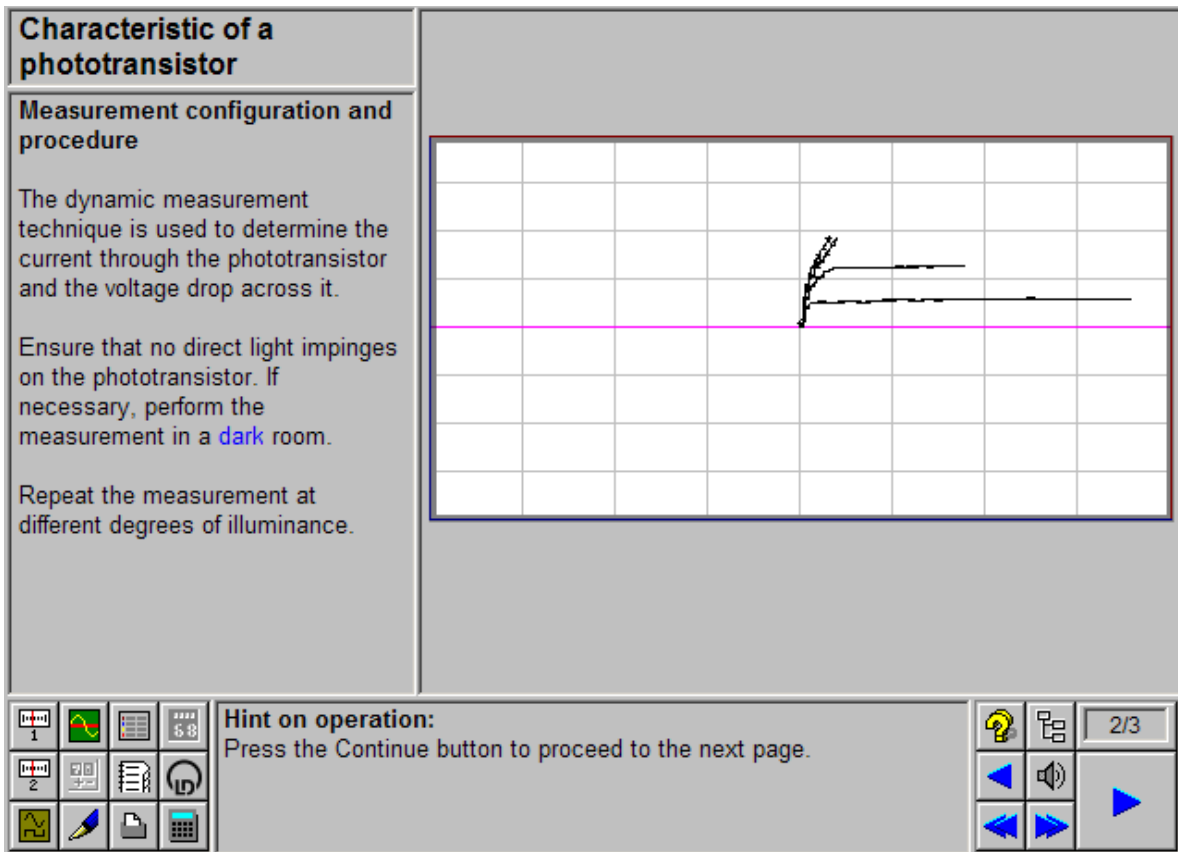


Figura 7.7. Caracteristica de ieșire a fototranzistorului vizualizată cu ajutorul osciloscopului.

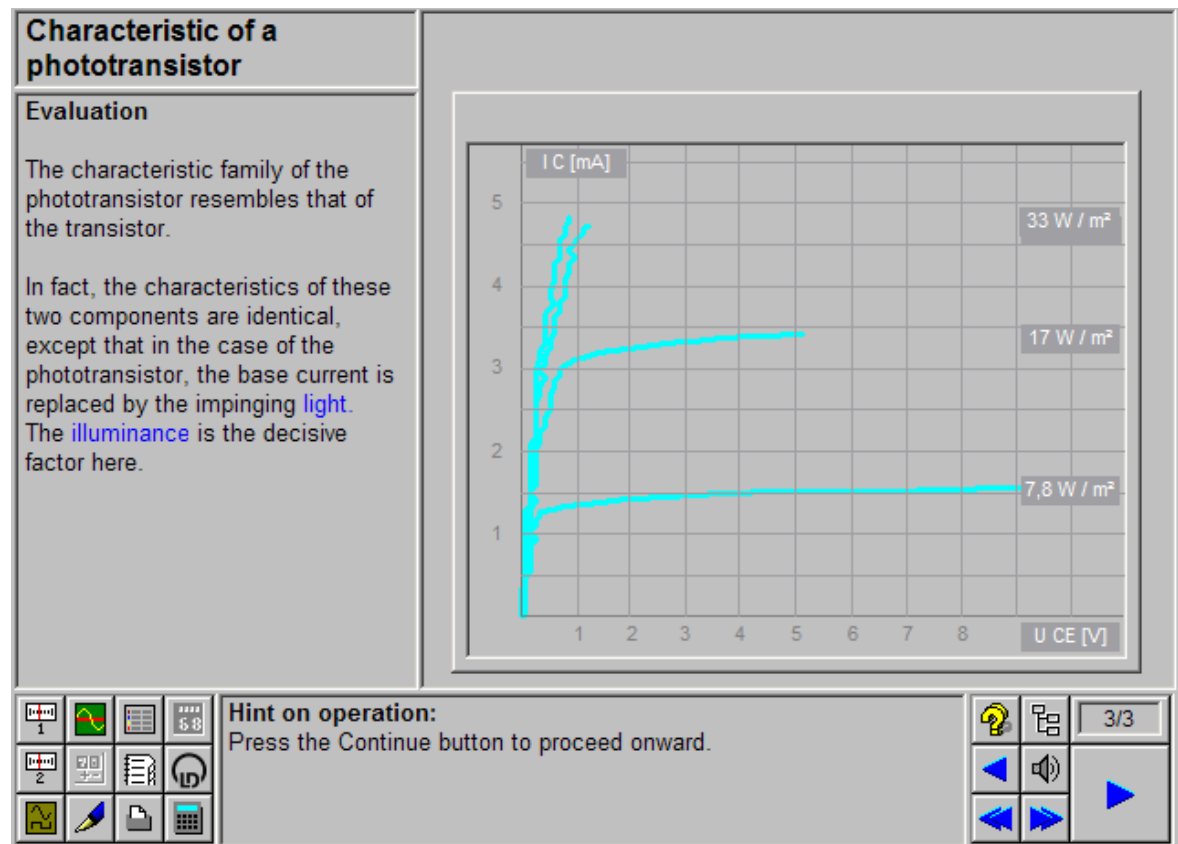


Figura 7.8. Caracteristica de ieșire a fototranzistorului.

7.4.2 Întrebări

Să se răspundă la următoarea întrebare. Dacă se va mări iluminarea LED-ului, curentul prin emitor din caracteristica de ieșire a fototranzistorului: va rămâne constant, se va mări sau se va micșora?

Lucrarea 8

Tranzistorul Darlington

8.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor Darlington din perspectiva caracteristicii de transfer.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor Darlington și ce relație există între curentul de bază și curentul de colector.

8.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components I, lucrarea 8, două multimetre și șase fire de legătură.

8.3 Noțiuni teoretice

Un tranzistor Darlington este o structură compusă din două tranzistoare bipolare, fie separate fie integrate, conectate în așa fel încât curentul amplificat de primul tranzistor este amplificat în continuare de cel de al doilea. Astfel emitorul primului tranzistor este conectat cu baza celui de al doilea tranzistor. Baza tranzistorului Darlington reprezintă baza primului tranzistor. Emitorul tranzistorului Darlington reprezintă emitorul celui de al doilea tranzistor. Colectoarele celor două tranzistoare sunt conectate între ele și reprezintă colectorului configurației Darlington.

Amplificarea în curent a tranzistorului Darlington reprezintă produsul amplificărilor în curent ale celor două tranzistoare. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul Darlington.

8.4 Desfășurarea lucrării

8.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer a tranzistorului Darlington

În figura 8.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul Darlington. După cum se observă circuitul este alcătuit dintr-o sursă de tensiune continuă (G1), patru rezistori (R1, R2, R3 și R4) și doi tranzistori bipolari npn (V1 și V2). Emitorul primului tranzistor este conectat cu baza celui de al doilea tranzistor.

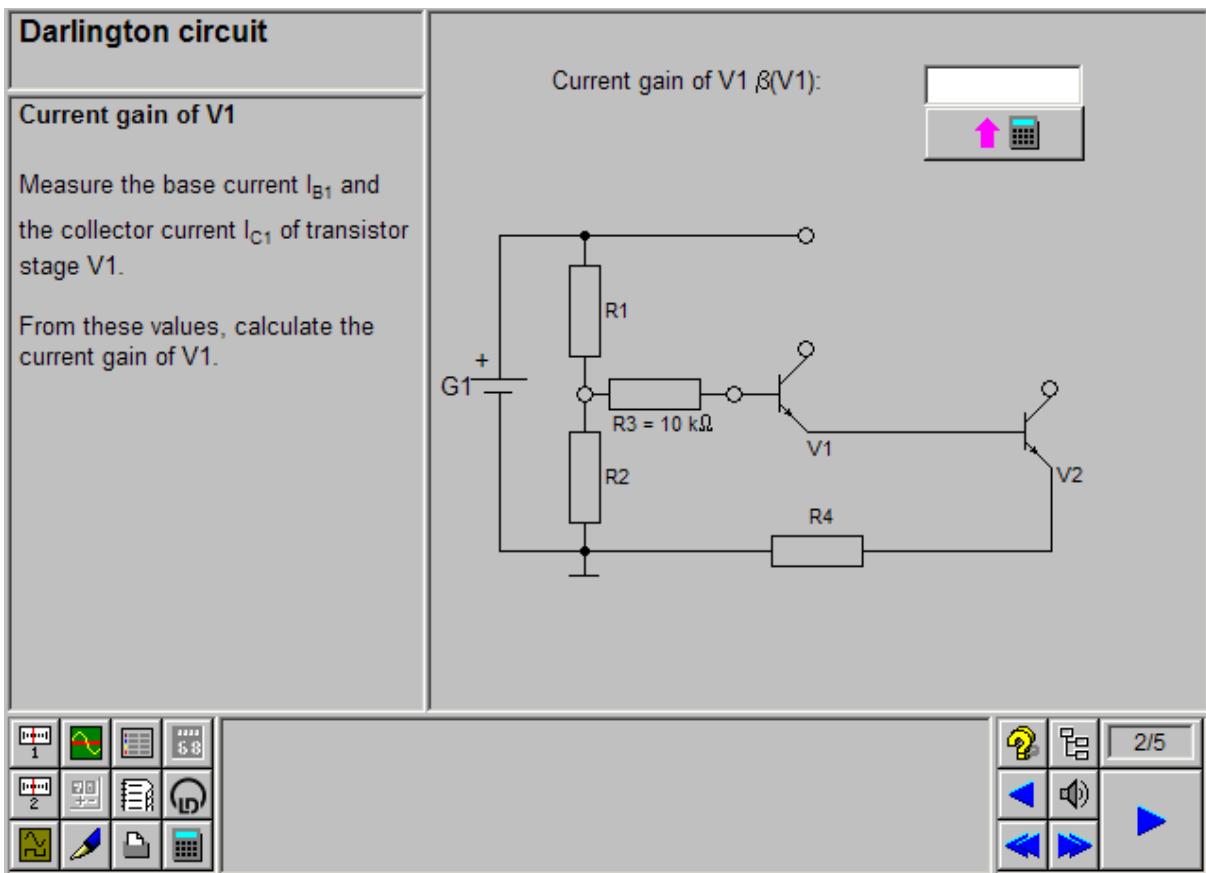


Figura 8.1. Circuitul electronic ce va permite obținerea caracteristicii de transfer a tranzistorului Darlington.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 8.2 și reprezintă setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea acestuia la bornele rezistorului R3. Borna stângă a rezistorului R3 va fi conectată la borna MM1 a voltmetrului, iar borna dreaptă (cea care se conectează cu baza tranzistorului bipolar npn V1) va fi conectată la borna comună a voltmetrului. Conectarea voltmetrului la bornele rezistorului R1 va permite înregistrarea curentului ce trece prin baza tranzistorului. R1 se numește rezistor de detecție a curentului. Pașii următori reprezintă setarea multimetrului 2 ca miliampermetru și conectarea acestuia

între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului bipolar npn V1. Borna pozitivă a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna MM2 a miliampermetrului, iar colectorul va fi conectat la borna comună a miliampermetrului. Conectarea miliampermetrului în circuit va permite înregistrarea curentului prin colectorul tranzistorului bipolar npn V1.

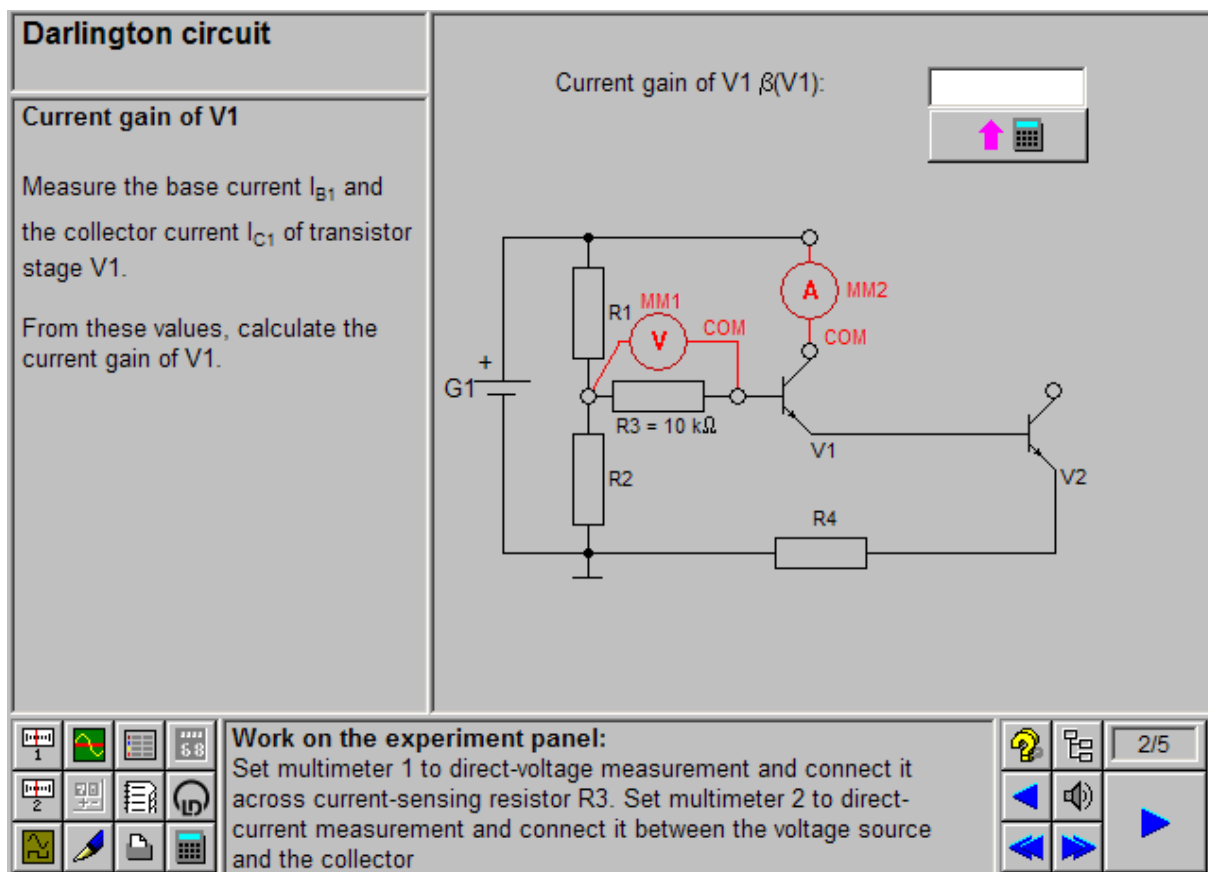


Figura 8.2. Conectarea multimetrului 1 la bornele rezistorului R3 și a multimetrului 2 între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului V1.

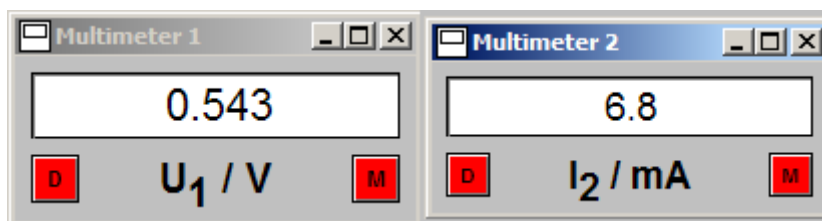


Figura 8.3. Valorile celor două multimetre.

Pasul următor reprezintă calcularea factorului de amplificare statică a tranzistorului V1, cu ajutorul valorilor din figura 8.3 sau cu ajutorul valorilor indicate de cele două multimetre în fereastra software-ului didactic COM3LAB.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 8.4 și reprezintă setarea multimetrului 1 ca miliampermetru și conectarea acestuia între borna pozitivă a sursei

de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului bipolar npn V2. Borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 se va conecta la borna MM1 a miliampermetrului, iar colectorul tranzistorului bipolar V2 va fi conectat la borna comună a miliampermetrului. Conectarea miliampermetrului în circuit va permite înregistrarea curentului ce trece prin colectorul tranzistorului bipolar npn V2.

Tot în figura 8.4 se observă că borna sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului bipolar npn V1 sunt conectate la bornele de intrare a amplificatorului de curent ▷. La rândul lui amplificatorul de curent este conectat la multimetrul 2 care este setat să funcționeze ca miliampermetru. Amplificatorul de curent ▷ are o amplificare de 10, acest lucru înseamnă că vom avea un curent de ieșire de 10 ori mai mare ca valoarea curentului de intrare. Multimetrul MM2 este utilizat pentru a înregistra curentul prin colectorul tranzistorului bipolar npn V1 și implicit curentul prin baza tranzistorului bipolar npn V2.

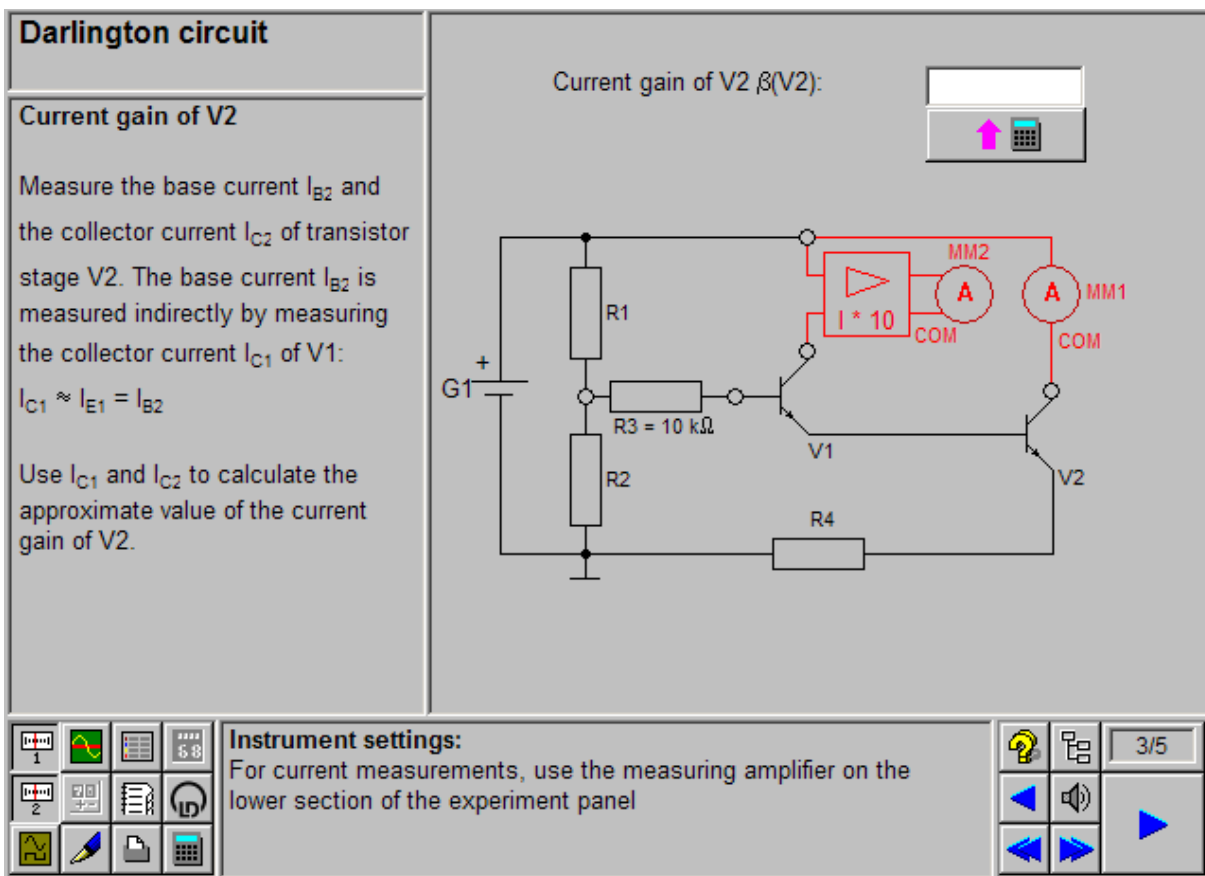


Figura 8.4. Conectarea amplificatorului de curent ▷ și a multimetrului 2 între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului V1.

Pasul următor reprezintă calcularea factorului de amplificare statică a tranzistorului V2, cu ajutorul valorilor din figura 8.5 sau cu ajutorul valorilor indicate de cele două multimetre în fereastra software-ului didactic COM3LAB.

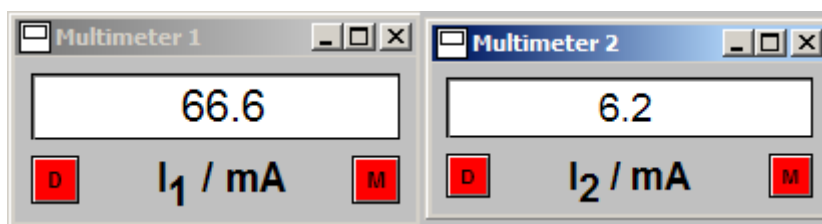


Figura 8.5. Valorile celor două multimetre.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 8.6 și reprezintă conectarea unui fir de legătură între colectorul tranzistorului bipolar npn V1 și colectorul tranzistorului bipolar npn V2, setarea multimetrului 1 ca voltmetru și conectarea acestuia la bornele rezistorului R3. Borna stângă a rezistorului R3 va fi conectată la borna MM1 a voltmetrului, iar borna dreaptă (cea care se conectează cu baza tranzistorului bipolar npn V1) va fi conectată la borna comună a voltmetrului. Conectarea voltmetrului la bornele rezistorului R1 va permite înregistrarea curentului ce trece prin baza tranzistorului bipolar npn V1. Pașii următori reprezintă setarea multimetrului 2 ca miliampermetru și conectarea acestuia între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului bipolar npn V2. Borna pozitivă a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna MM2 a miliampermetrului, iar colectorul tranzistorului bipolar npn V2 va fi conectat la borna comună a miliampermetrului. Conectarea miliampermetrului în circuit va permite înregistrarea curentului prin colectorul tranzistorului bipolar npn V2.

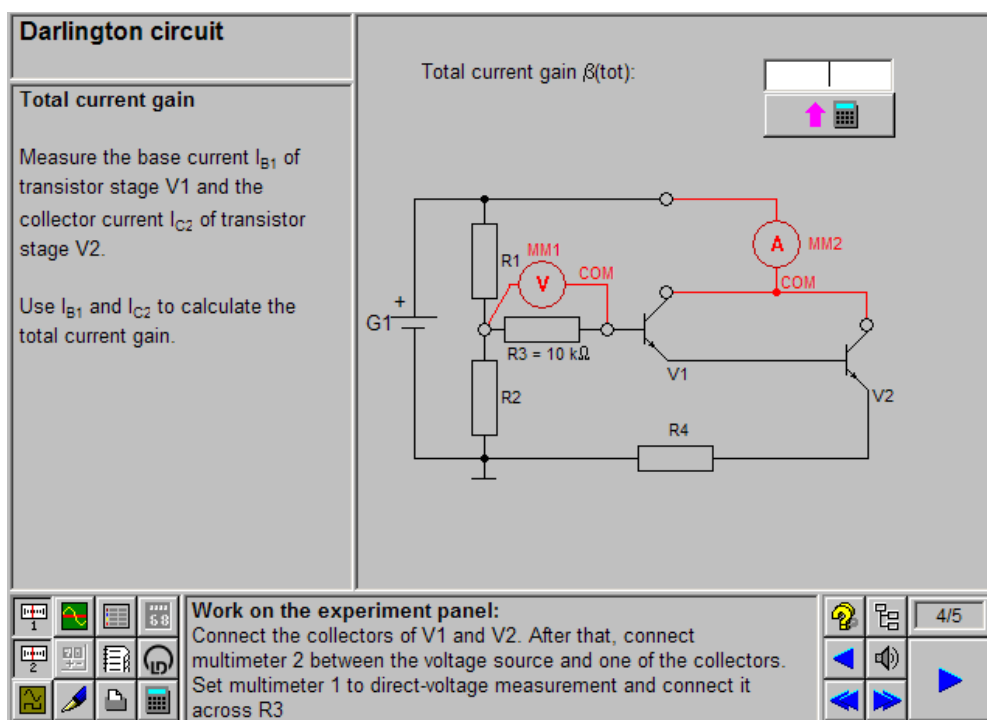


Figura 8.6. Conectarea multimetrului 1 la bornele rezistorului R3 și a multimetrului 2 între borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G1 și colectorul tranzistorului V2.

Pasul următor reprezintă calcularea factorului de amplificare statică a tranzistorului Darlington format din conexiunea „serie“ a tranzistoarelor bipolare npn V1 și V2, cu ajutorul valorilor din figura 8.7 sau cu ajutorul valorilor indicate de cele două multimetre în fereastra software-ului didactic COM3LAB.

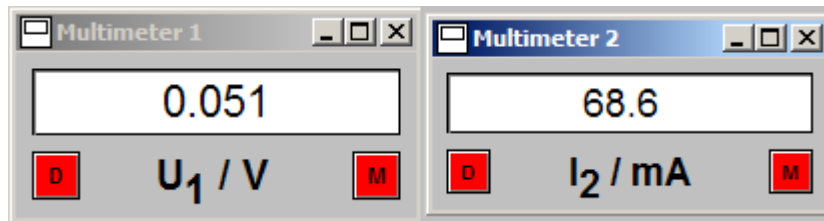


Figura 8.7. Valorile celor două multimetre.

8.4.2 Întrebări

Să se răspundă la următoarea întrebare. Factorul de amplificare static al tranzistorului Darlington este egal cu: suma factorilor de amplificare statică ai tranzistoarelor V1 și V2, de două ori factorul de amplificare statică al unuia din tranzistori sau produsul factorilor de amplificare statică ai tranzistoarelor V1 și V2?

Lucrarea 9

Tranzistorul cu efect de câmp

9.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp. De asemenea studentul va putea identifica diferențele și asemănările între un tranzistor cu efect de câmp și un tranzistor bipolar.

9.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70015 Electronic Components II, lucrarea 1, două multimetre, un osciloscop și opt fire de legătură.

9.3 Noțiuni teoretice

Tranzistorul cu efect de câmp, TEC, are un principiu de funcționare total diferit de cel al unui tranzistor bipolar. Dacă la tranzistorul bipolar funcționarea are la bază transportul purtătorilor minoritari injectați, la TEC se utilizează joncțiunea golită a unei joncțiuni, invers polarizată, pentru a modula secțiunea transversală a unui așa numit canal prin care trec purtătorii mobili. Dacă la tranzistorul bipolar funcționarea implică ambele tipuri de purtători, TEC este un dispozitiv unipolar întrucât prin canalul amintit trec numai un anumit tip de purtători. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune.

9.4 Desfășurarea lucrării

9.4.1 Determinarea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp

În figura 9.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul cu efect de câmp. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor cu efect de câmp (V1), numit TEC-J.

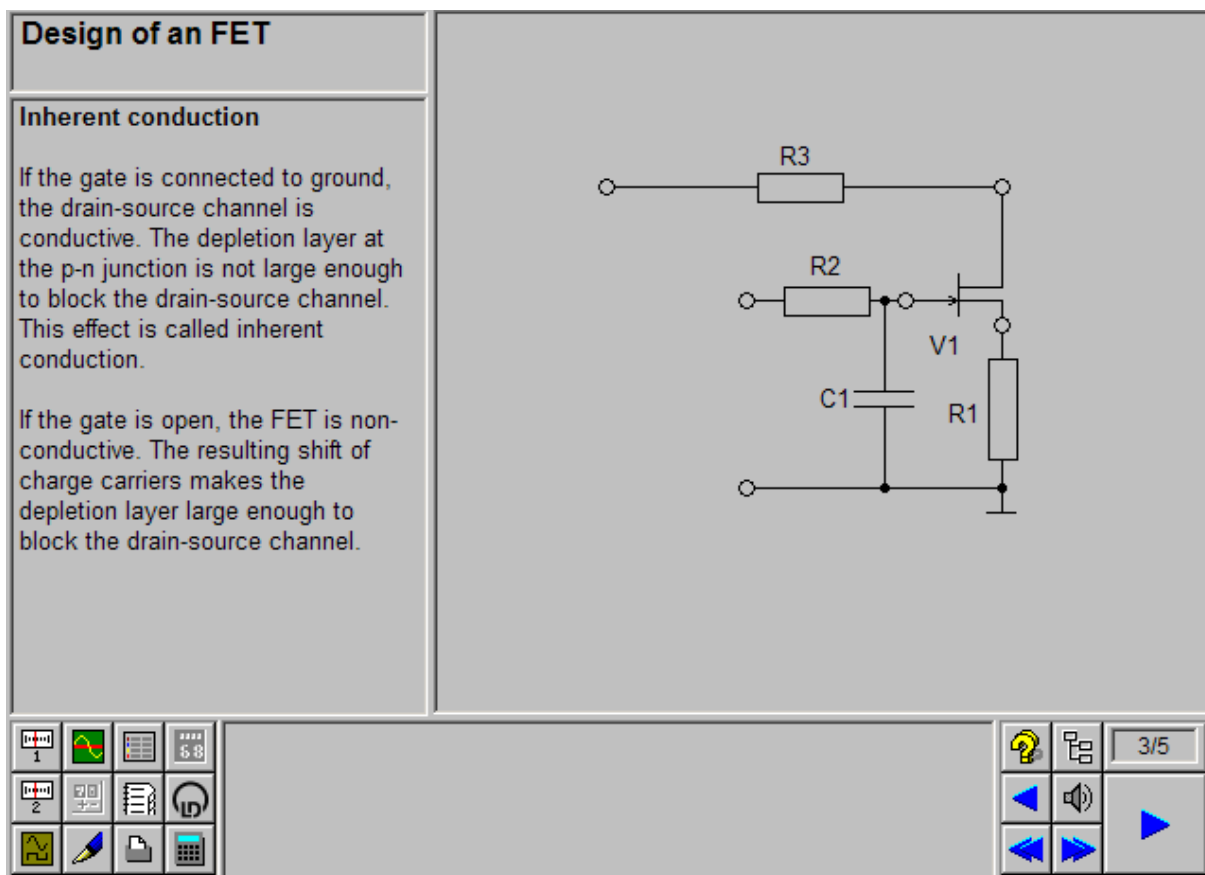


Figura 9.1. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul cu efect de câmp.

Următorul pas în efectuarea acestui experiment este indicat în figura 9.2 și reprezintă șuntarea rezistorului R1, sau scurtcircuitarea cu un fir de legătură a rezistorului R1.

Următorii pași sunt indicați în figura 9.3 și reprezintă setarea multimetrului 1 ca miliampermetru, conectarea bornei comune a acestuia la borna stângă a rezistorului R3, conectarea bornei MM1 a multimetrului la borna pozitivă a sursei de tensiune continuă. Borna negativă (comună) a sursei de tensiune continuă este conectată la borna comună a circuitului electronic.

Design of an FET

Inherent conduction

If the gate is connected to ground, the drain-source channel is conductive. The depletion layer at the p-n junction is not large enough to block the drain-source channel. This effect is called inherent conduction.

If the gate is open, the FET is non-conductive. The resulting shift of charge carriers makes the depletion layer large enough to block the drain-source channel.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

Work on the experiment panel:
Bridge resistor R1 in the circuit.

?	3/5
◀	▶
◀▶	▶◀

Figura 9.2. Șuntarea rezistorului R1.

Design of an FET

Inherent conduction

If the gate is connected to ground, the drain-source channel is conductive. The depletion layer at the p-n junction is not large enough to block the drain-source channel. This effect is called inherent conduction.

If the gate is open, the FET is non-conductive. The resulting shift of charge carriers makes the depletion layer large enough to block the drain-source channel.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

?	3/5
◀	▶
◀▶	▶◀

Figura 9.3. Conectarea multimetrul 1 și a sursei de tensiune continuă la bornele circuitului electronic.

Pasul următor reprezintă setarea sursei de tensiune continuă conform figurii 9.4. Tensiunea va avea o valoare continuă de 10 V.

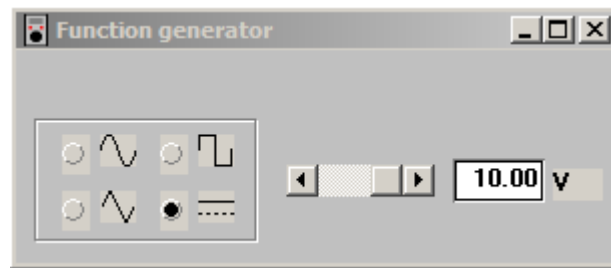


Figura 9.4. Setarea sursei de tensiune continuă.

Pasul următor reprezintă observarea multimetrului MM1 și implicit a valorii curentului ce trece prin drenă atunci când grila nu este conectată. Se observă că prin tranzistorul cu efect de câmp nu trece curent electric, ceea ce înseamnă că acesta este blocat. Acest lucru este evidențiat în figura 9.5.

The image shows a software interface for a circuit simulation. On the left, a text box titled "Design of an FET" explains "Inherent conduction". The main area displays a circuit diagram with a MOSFET (V1), resistors (R1, R2, R3), a capacitor (C1), and a DC voltage source (G1). A multimeter (MM1) is connected in series with the drain. Below the circuit, a "Multimeter 1" window shows a reading of "0.0" and is set to measure current I_1 in mA. At the bottom, there is an "Observation:" section with the text "Observe the current flow." and a set of navigation buttons.

Figura 9.5. Configurația în care tranzistorul cu efect de câmp este blocat.

Pasul următor este evidențiat în figura 9.6 și constă în conectarea unui fir de legătură între borna stângă a rezistorului R2 și terminalul comun al circuitului electronic. Tot în figura 9.6 se observă că prin tranzistorul cu efect de câmp trece curent electric, ceea ce înseamnă că acesta este în conducție.

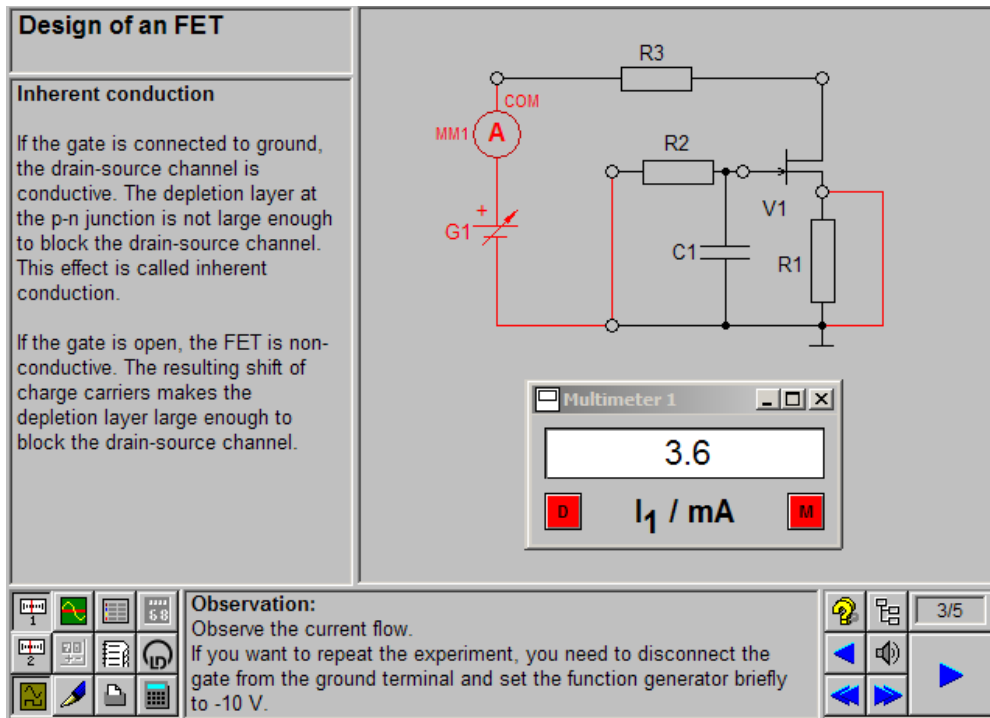


Figura 9.6. Configurația în care tranzistorul cu efect de câmp se află în conducție.

Partea a doua a acestui experiment constă în aflarea tensiunii minime și maxime între grila și sursa tranzistorului cu efect de câmp, valori pentru care tranzistorul este în conducție sau în blocare. De asemenea în figura 9.7 este evidențiat modul în care se vor efectua conexiunile între circuitul electronic, sursele de semnal și osciloscop.

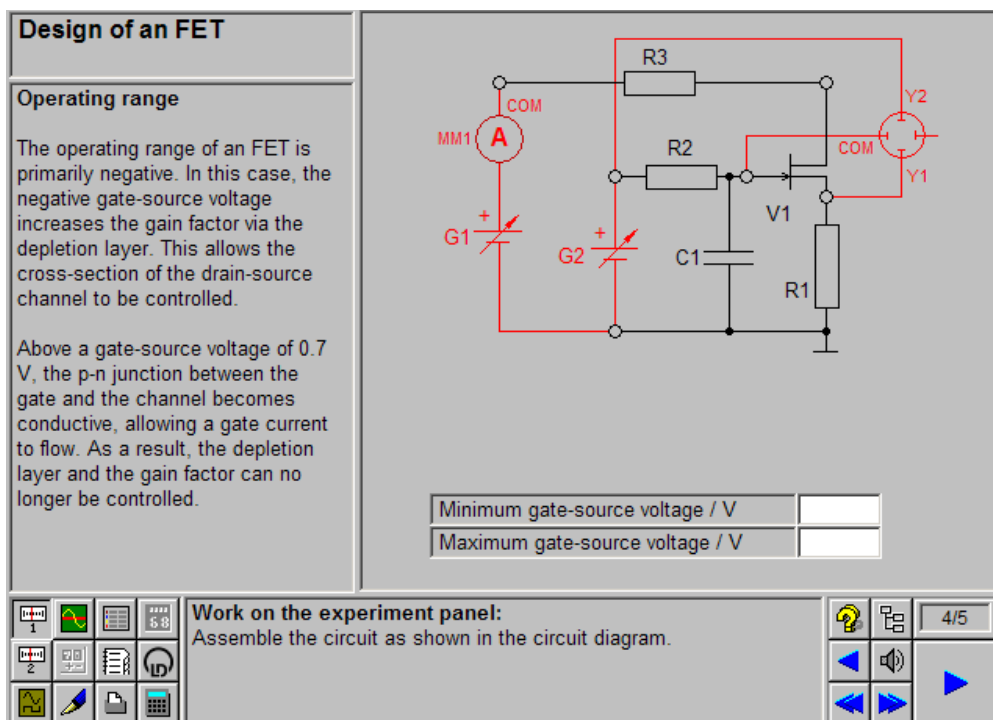


Figura 9.7. Aflarea tensiunii minime și maxime între grila și sursa tranzistorului cu efect de câmp.

După cum se observă, în figura 9.7, multimetrul MM1 și sursa de tensiune continuă G1 se află în aceeași poziție. Borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 este conectată la borna stângă a rezistorului R2, iar borna comună a sursei G2 este conectată la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna comună a osciloscopului este legată la grila tranzistorului, borna Y1 este legată la sursa tranzistorului, iar borna Y2 este legată la borna stângă a rezistorului R2 sau la drena tranzistorului.

Pasul următor reprezintă setarea sursei de tensiune continuă. Aceasta va fi setată conform figurii 9.8. Tensiunea va avea o valoare continuă de 10 V.

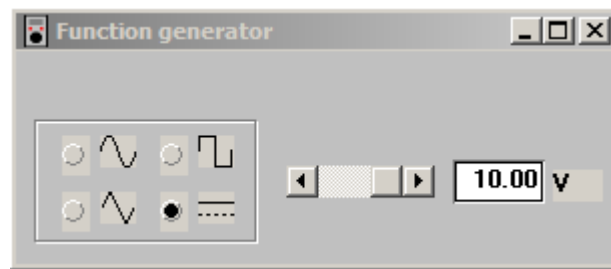


Figura 9.8. Setarea sursei de tensiune continuă.

După efectuarea pasului anterior, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. Pasul următor reprezintă setarea osciloscopului. Acesta se va seta așa cum este evidențiat în partea de jos a figurii 9.9.

Design of an FET

Operating range

The operating range of an FET is primarily negative. In this case, the negative gate-source voltage increases the gain factor via the depletion layer. This allows the cross-section of the drain-source channel to be controlled.

Above a gate-source voltage of 0.7 V, the p-n junction between the gate and the channel becomes conductive, allowing a gate current to flow. As a result, the depletion layer and the gain factor can no longer be controlled.

Minimum gate-source voltage / V	
Maximum gate-source voltage / V	

Instrument settings:
Open the oscilloscope and its panel, and adjust it so that the curves are clearly visible. Set Y1Att to -1.

Figura 9.9. Setarea osciloscopului.

După efectuarea pasului anterior, în fereastra software-ului didactic COM3LAB va apărea panoul de comandă al sursei de tensiune continuă G2. Acest lucru este evidențiat în figura 9.10.

De asemenea în aceeași figură sunt evidențiate afișorul și panoul de control ale osciloscopului și afișorul miliampermetrului. Pe osciloscop se va putea vizualiza tensiunea grilă sursă atunci când valoarea sursei de tensiune G2 va fi modificată între limita minimă (-3 V) și maximă (10 V). Pe afișorul miliampermetrului se va putea vizualiza curentul prin drenă.

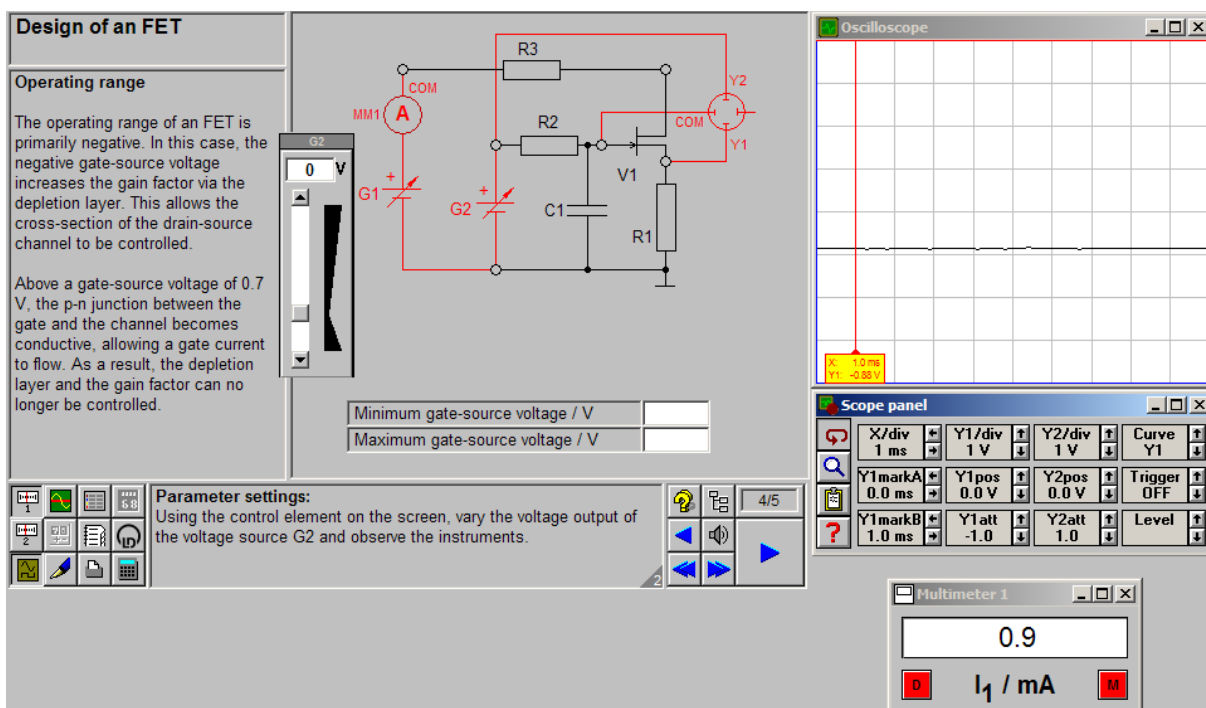


Figura 9.10. Modulul de comandă al sursei G2, afișorul și panoul de comandă ale osciloscopului și afișorul miliampermetrului MM1.

Pentru a afla tensiunea maximă grilă sursă, valoarea sursei de tensiune G2 ar trebui setată la valoarea maximă, 10 V. Astfel pe osciloscop, figura 9.11, se observă că tensiunea grilă sursă maximă este egală cu 0.7 V. Se mai poate observa pe afișorul miliampermetrului un curent de 4.5 mA, ceea ce înseamnă că tranzistorul cu efect de câmp este în conducție.

Pentru a afla tensiunea minimă grilă sursă, valoarea sursei de tensiune G2 ar trebui setată la valoarea minimă, -3 V. Astfel pe osciloscop, figura 9.12, se observă că tensiunea grilă sursă minimă este egală cu -2.5 V. Se mai poate observa pe afișorul miliampermetrului un curent de 0.0 mA, ceea ce înseamnă că tranzistorul cu efect de câmp este blocat.

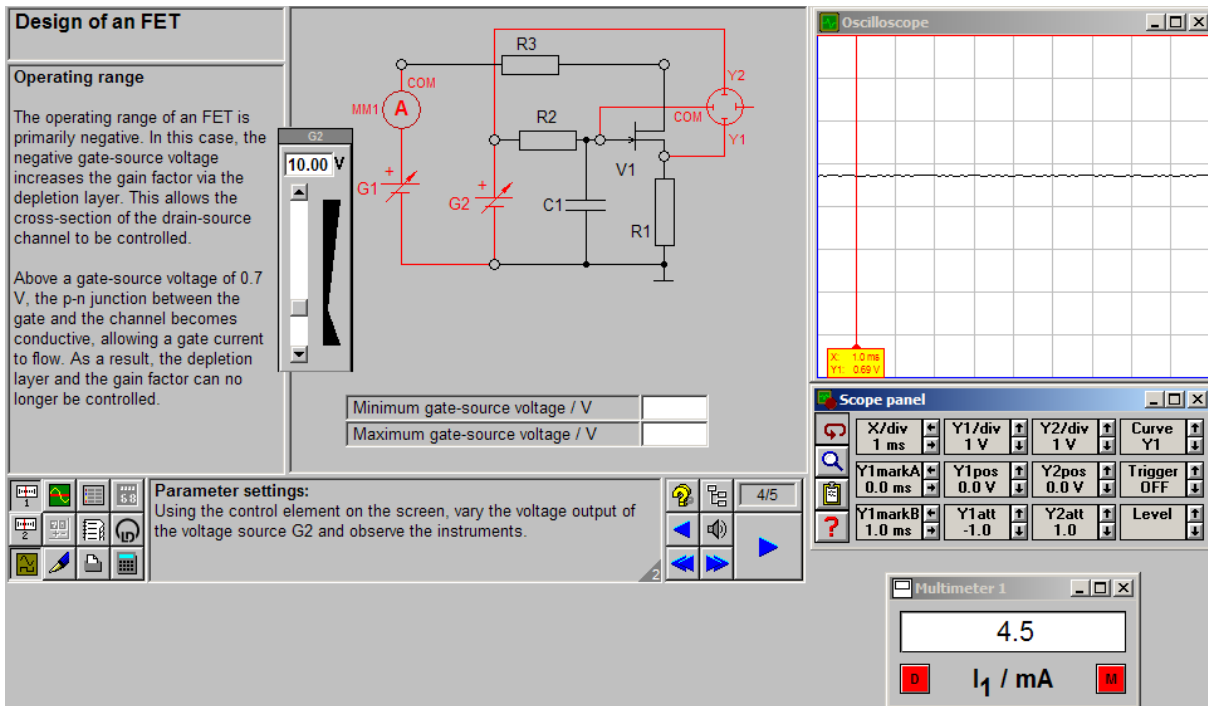


Figura 9.11. Tensiunea maximă grilă sursă.

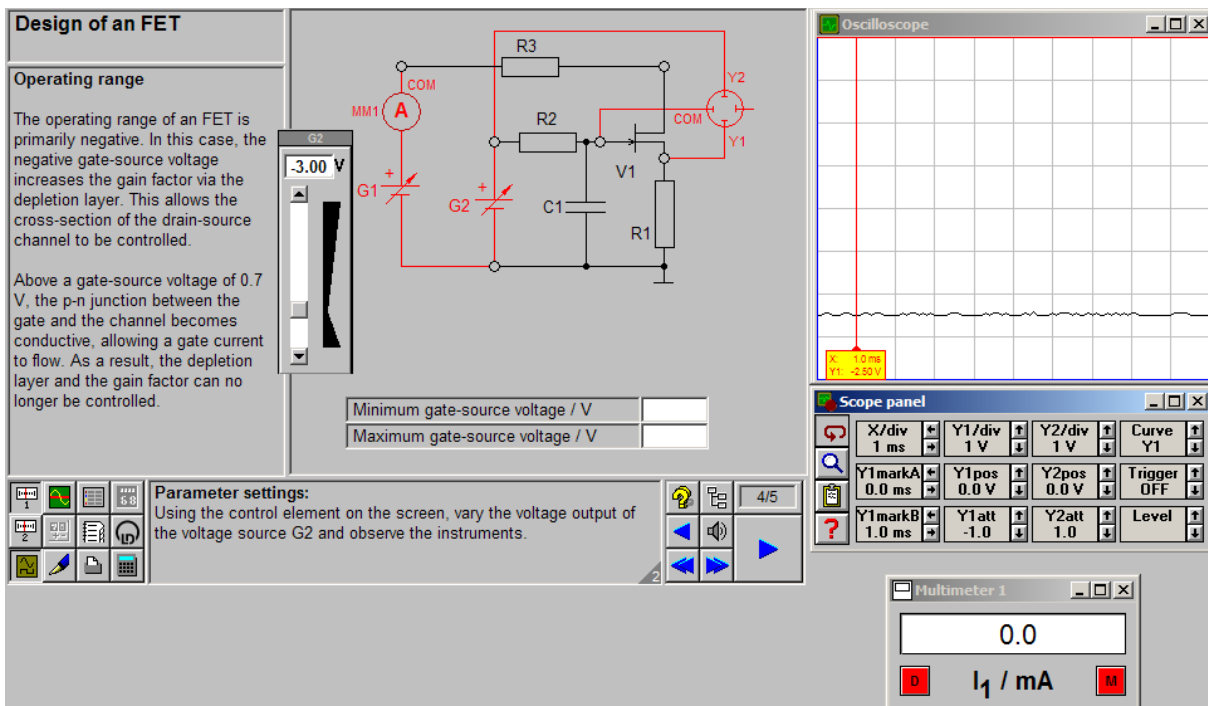


Figura 9.12. Tensiunea minimă grilă sursă.

9.4.2 Întrebări

Să se răspundă la următoarea întrebare. Când un tranzistor cu efect de câmp se află în conducție: atunci când grila nu este conectată sau atunci când grila este conectată la potențialul comun al circuitului electronic?

Lucrarea 10

Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune – caracteristica de transfer

10.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune din perspectiva caracteristicii de transfer.

La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune din perspectiva caracteristicii de transfer. De asemenea studentul va putea identifica diferențele și asemănările între un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune și un tranzistor bipolar.

10.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70016 Electronic Components II, lucrarea 1, un osciloscop și șapte fire de legătură.

10.3 Noțiuni teoretice

Caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune determină modul în care curentul de drenă se modifică atunci când este variată tensiunea grilă sursă. Transconductanța reprezintă raportul dintre variația curentului de drenă și variația tensiunii grilă sursă, în jurul unei valori instantanee. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune.

10.4 Desfășurarea lucrării

10.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune

În figura 10.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune (V1).

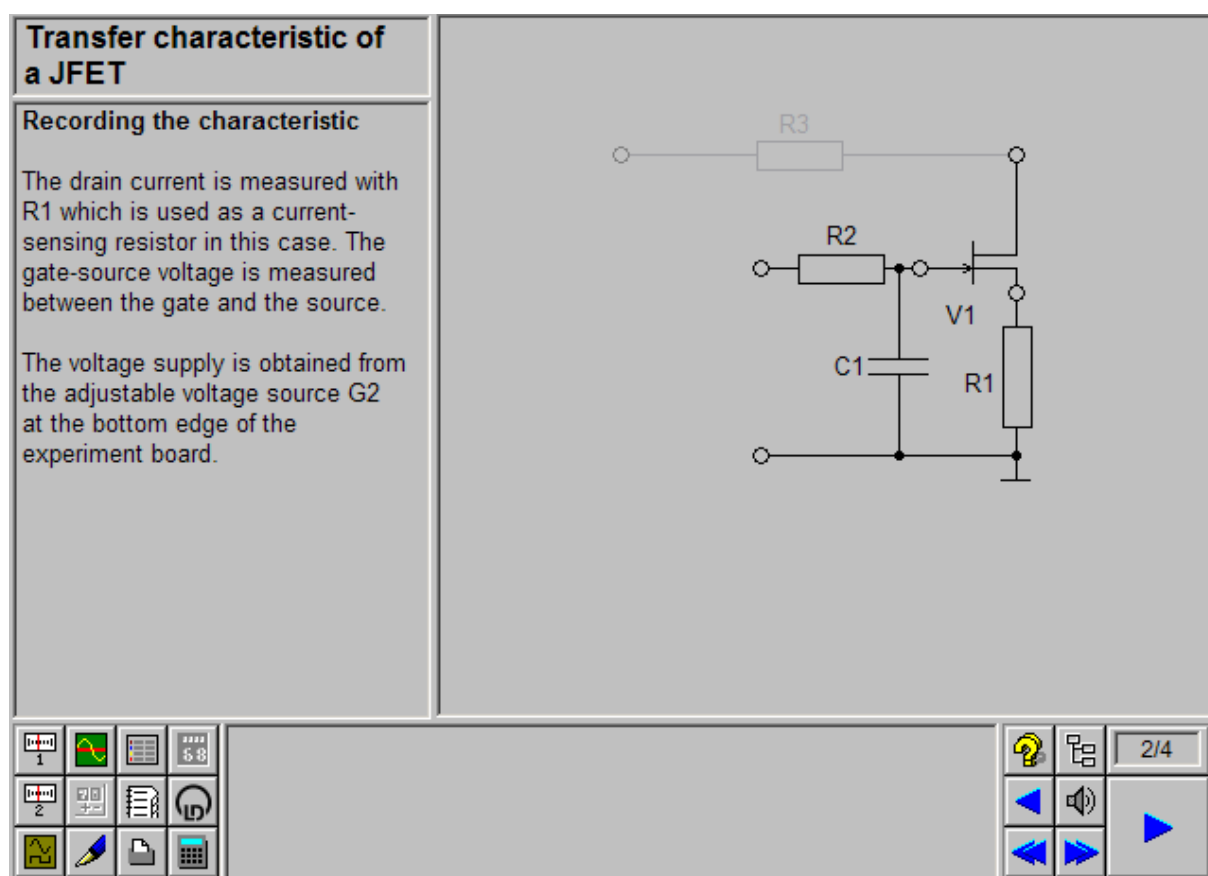


Figura 10.1. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul cu efect de câmp.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 10.2 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune continuă G2 la dreapta tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune, conectarea bornei comune a sursei de tensiune continuă G2 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune alternativă G1 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R2, iar borna comună a sursei de tensiune alternativă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic. Osciloscopul va

fi conectat în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna comună a circuitului electronic, borna Y1 va fi conectată la grila tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune, iar borna comună va fi conectată la sursa tranzistorului.

Transfer characteristic of a JFET

Recording the characteristic

The drain current is measured with R1 which is used as a current-sensing resistor in this case. The gate-source voltage is measured between the gate and the source.

The voltage supply is obtained from the adjustable voltage source G2 at the bottom edge of the experiment board.

1

2

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

2/4

Figura 10.2. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 10.3.

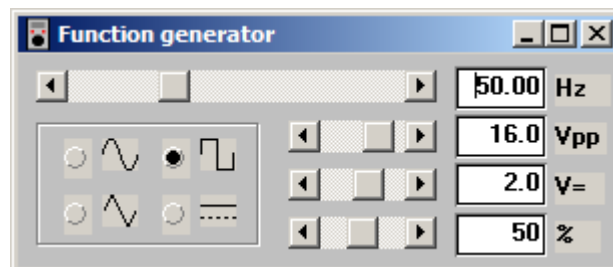


Figura 10.3. Setarea sursei de tensiune continuă.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 10.4 este evidențiat modul în care acesta se va configura. După efectuarea acestui pas pe afișorul

osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp.

Aceasta ar trebuie să arate ca cea din figura 10.5.

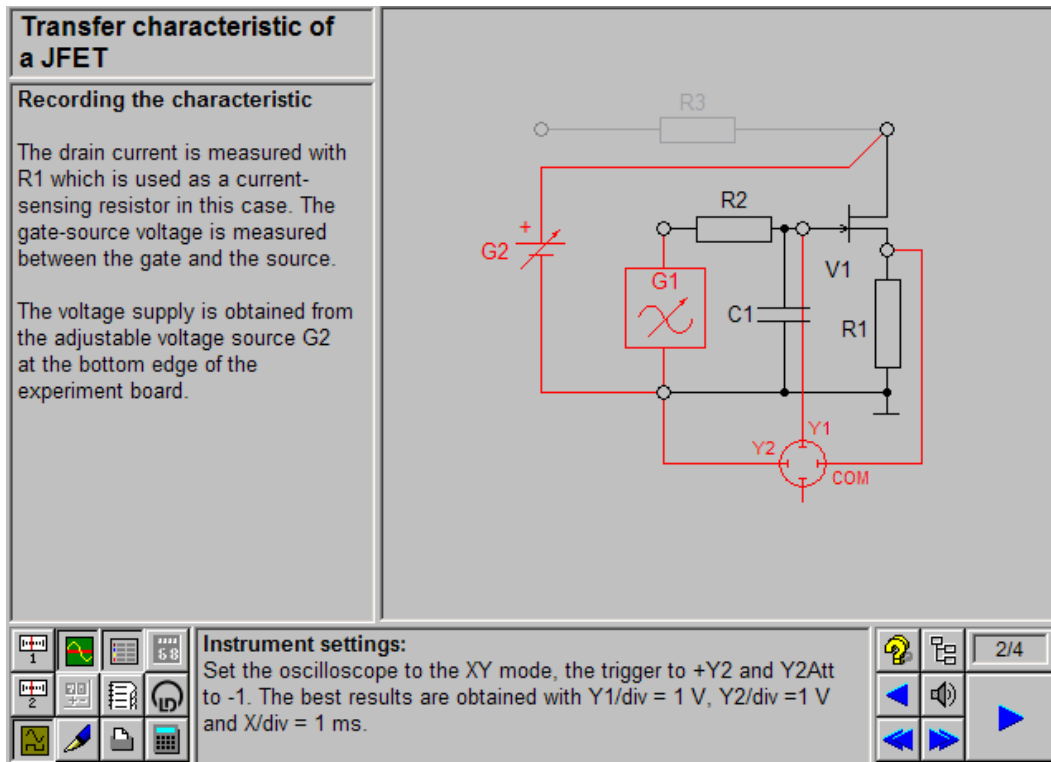


Figura 10.4. Setarea osciloscopului.

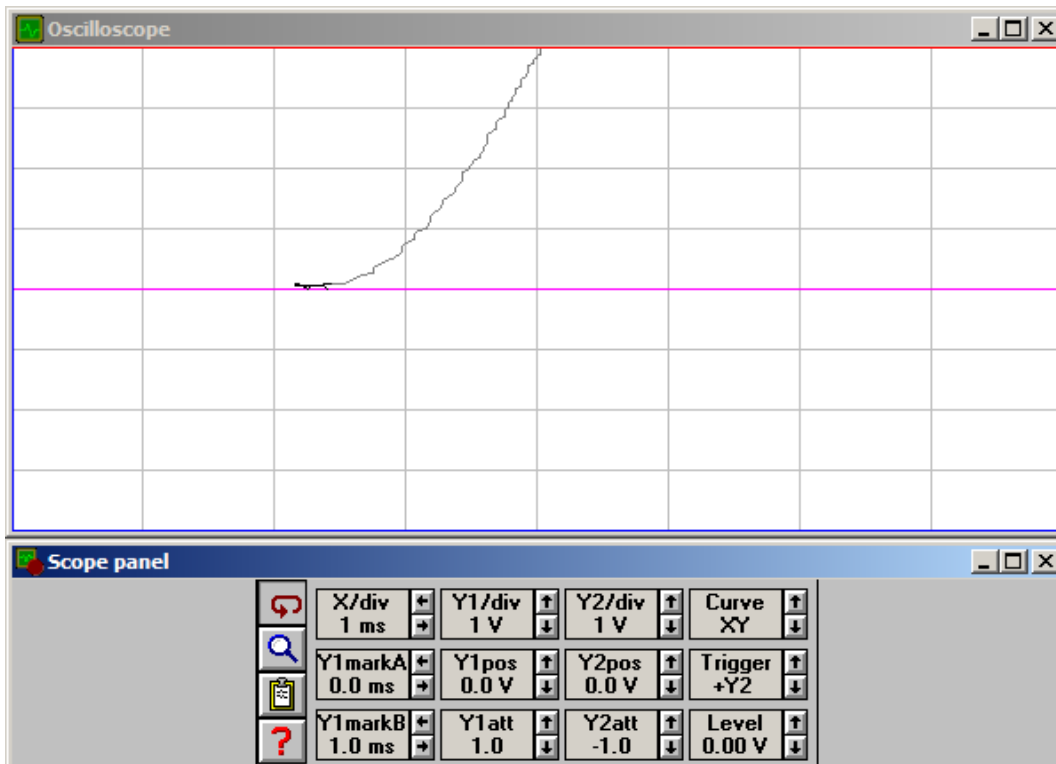


Figura 10.5. Caracteristica de transfer, (I_D, V_{GS}) , a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

10.4.2 Întrebări

În figura 10.6 este evidențiată caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune. Pentru punctul evidențiat în figura 10.6 sau pentru punctul afișat în fereastra software-ului didactic COM3LAB să se calculeze panta dreptei. Aceasta reprezintă raportul dintre variația curentului de drenă și variația tensiunii grilă sursă.

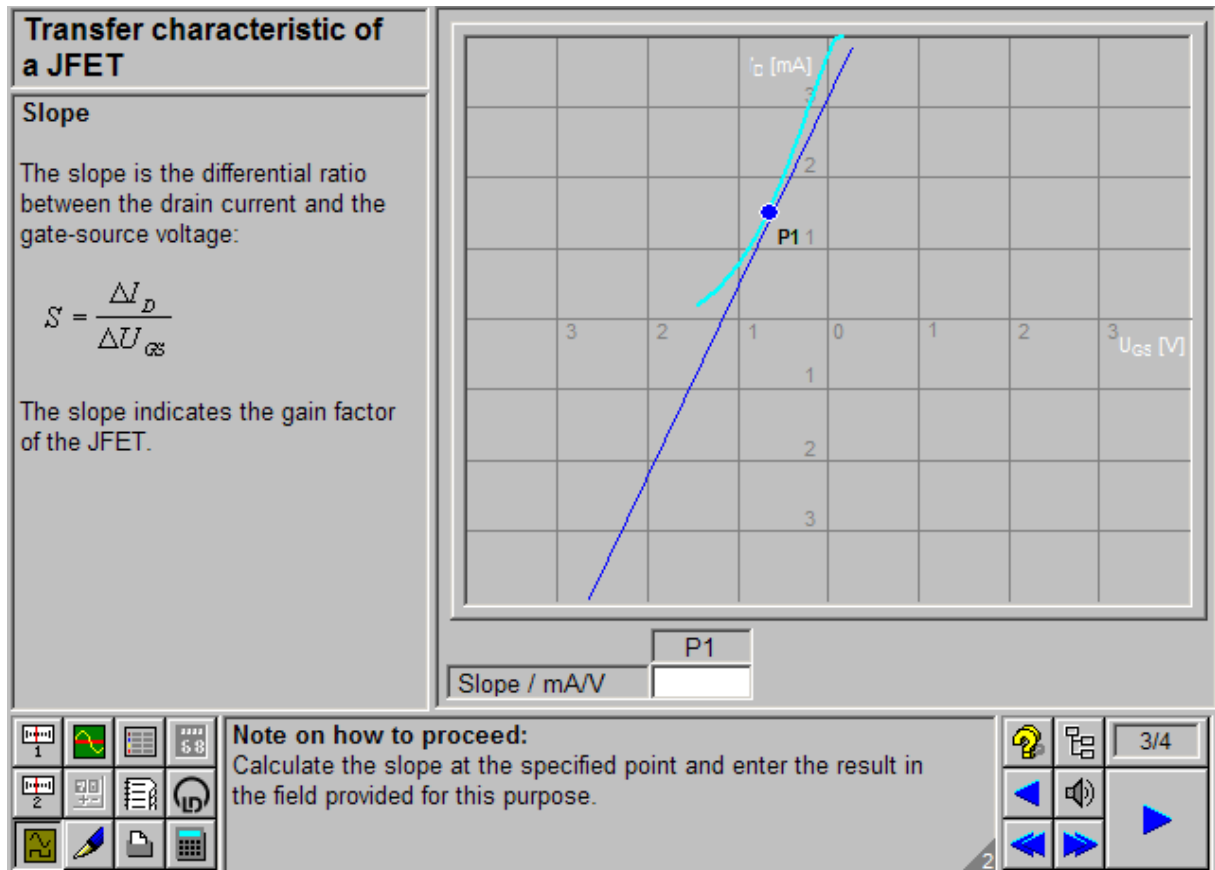


Figura 10.6. Caracteristica de transfer, (I_D, V_{GS}) , a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

Lucrarea 11

Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune – caracteristica de ieșire

11.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune din perspectiva caracteristicii de ieșire. La finalul acestui laborator studentul va putea explica modul în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune din punctul de vedere al terminalelor de ieșire. De asemenea studentul va putea identifica diferențele și asemănările între un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune și un tranzistor bipolar.

11.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70016 Electronic Components II, lucrarea 1, un osciloscop și șapte fire de legătură.

11.3 Noțiuni teoretice

Caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune determină modul în care curentul de drenă se modifică atunci când este variată tensiunea drenă sursă, atunci când tensiunea grilă sursă este constantă. Rezistența de ieșire diferențială reprezintă raportul dintre variația tensiunii drenă sursă și variația curentului de drenă, în jurul unei valori instantanee. Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune.

11.4 Desfășurarea lucrării

11.4.1 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune

În figura 11.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul cu efect de câmp cu joncțiune. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor cu efect de câmp cu joncțiune (V1). De asemenea în fereastra de jos a figurii 11.1 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume scurtcircuitarea rezistorului R1 cu ajutorul unui fir de legătură.

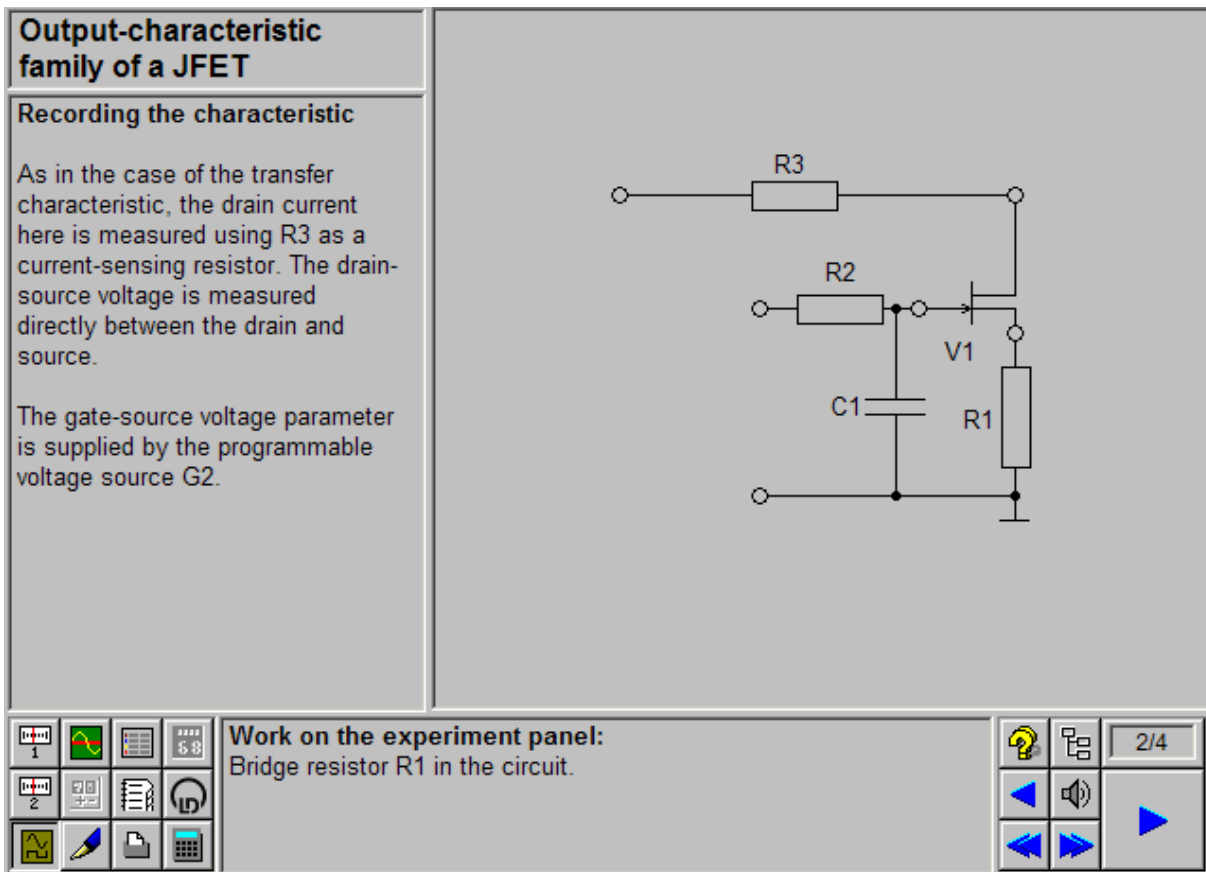


Figura 11.1. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul cu efect de câmp.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 11.2 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune alternativă G1 la borna stângă a rezistorului R3, conectarea bornei comune a sursei de tensiune alternativă G1 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R2, iar borna comună a sursei de tensiune

continuă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic. Osciloscopul va fi conectat în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R3, borna Y1 va fi conectată la sursa tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune, iar borna comună va fi conectată la drena tranzistorului.

Output-characteristic family of a JFET

Recording the characteristic

As in the case of the transfer characteristic, the drain current here is measured using R3 as a current-sensing resistor. The drain-source voltage is measured directly between the drain and source.

The gate-source voltage parameter is supplied by the programmable voltage source G2.

1

2

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

2/4

Figura 11.2. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 11.3.

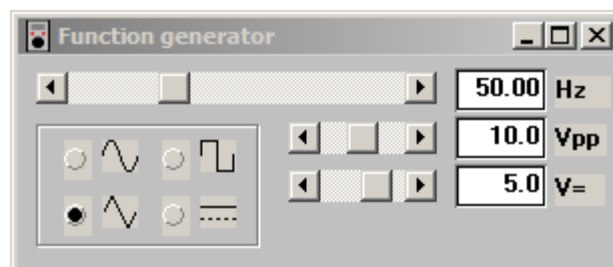


Figura 11.3. Setarea sursei de tensiune continuă.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 11.4 este evidențiat modul în care acesta se va configura. După efectuarea acestui pas pe afișorul

osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune atunci când tensiunea grilă sursă are valoarea de -2.5 V . Aceasta ar trebui să arate ca cea din figura 11.5.

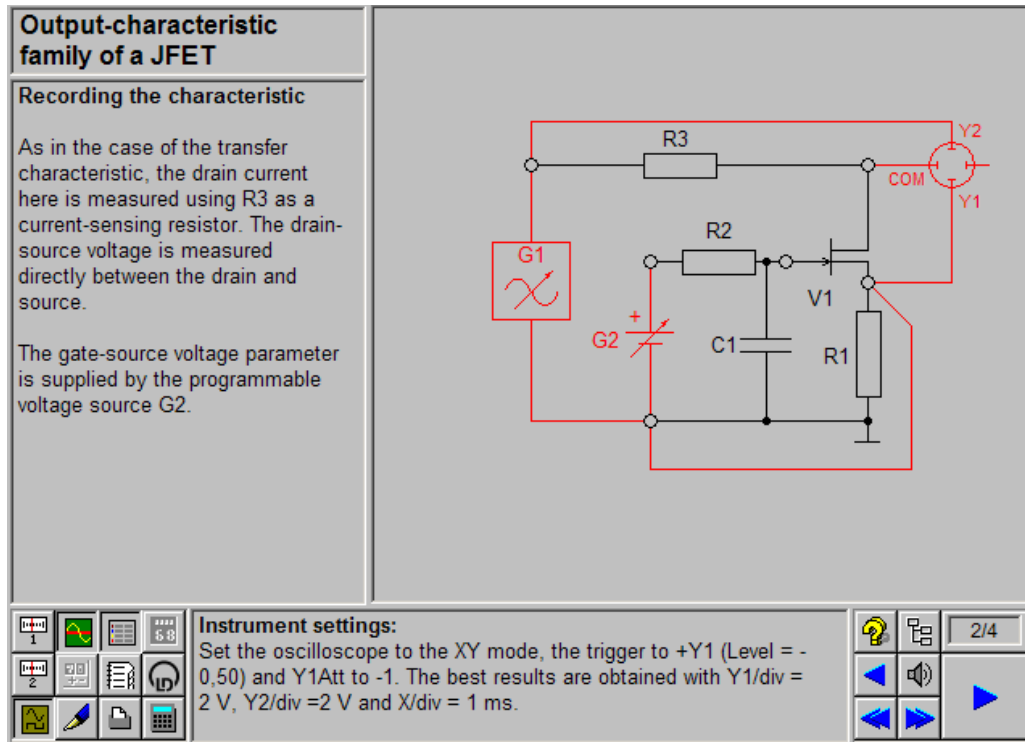


Figura 11.4. Setarea osciloscopului.

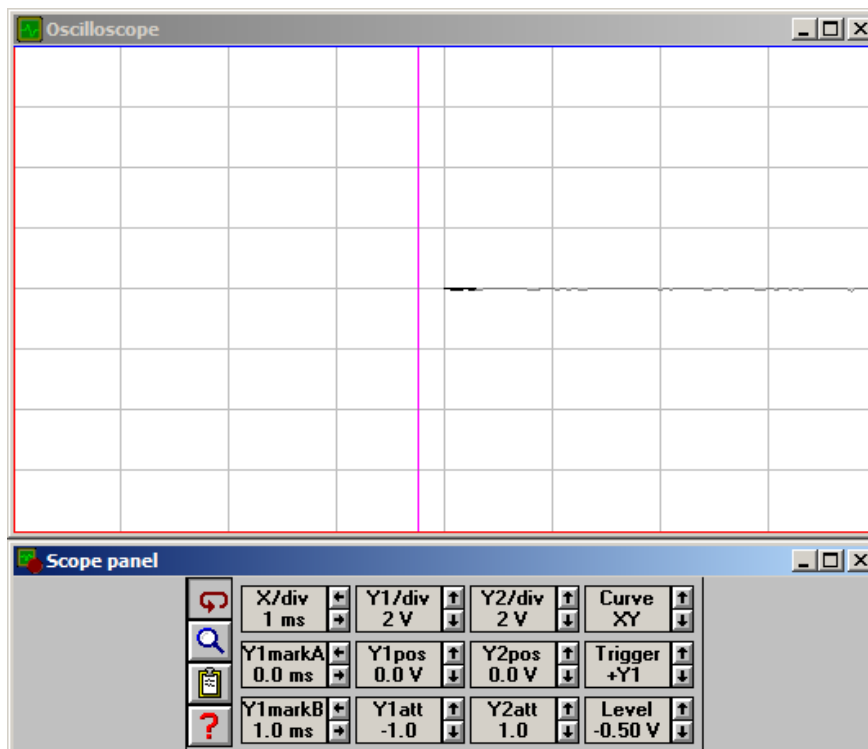


Figura 11.5. Caracteristica de ieșire, ($I_D, V_{DS}, V_{GS} = -2.5\text{ V}$), a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

În figurile 11.6 și 11.7 este evidențiată caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune atunci când tensiunea grilă sursă are valori de -0.4 V și 0.0 V .

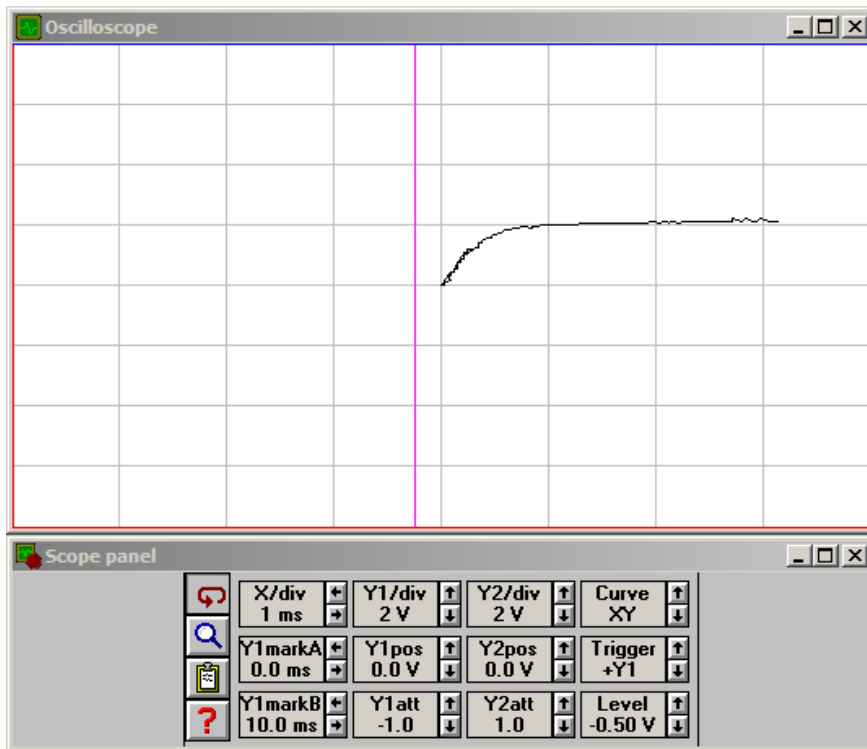


Figura 11.6. Caracteristica de ieșire, ($I_D, V_{DS}, V_{GS} = -0.4\text{ V}$), a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

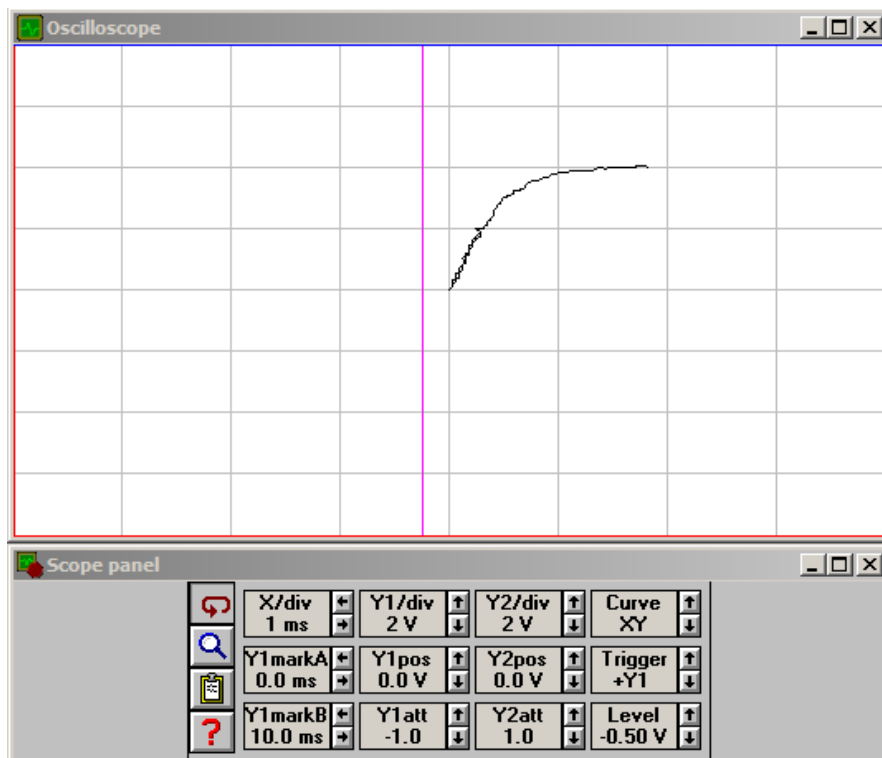


Figura 11.7. Caracteristica de ieșire, ($I_D, V_{DS}, V_{GS} = 0.0\text{ V}$), a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

În figura 11.8 se observă asemănările și diferențele între caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar și caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune. Forma caracteristicilor este aproximativ la fel, însă curentul de bază este mult mai mare ca cel de drenă.

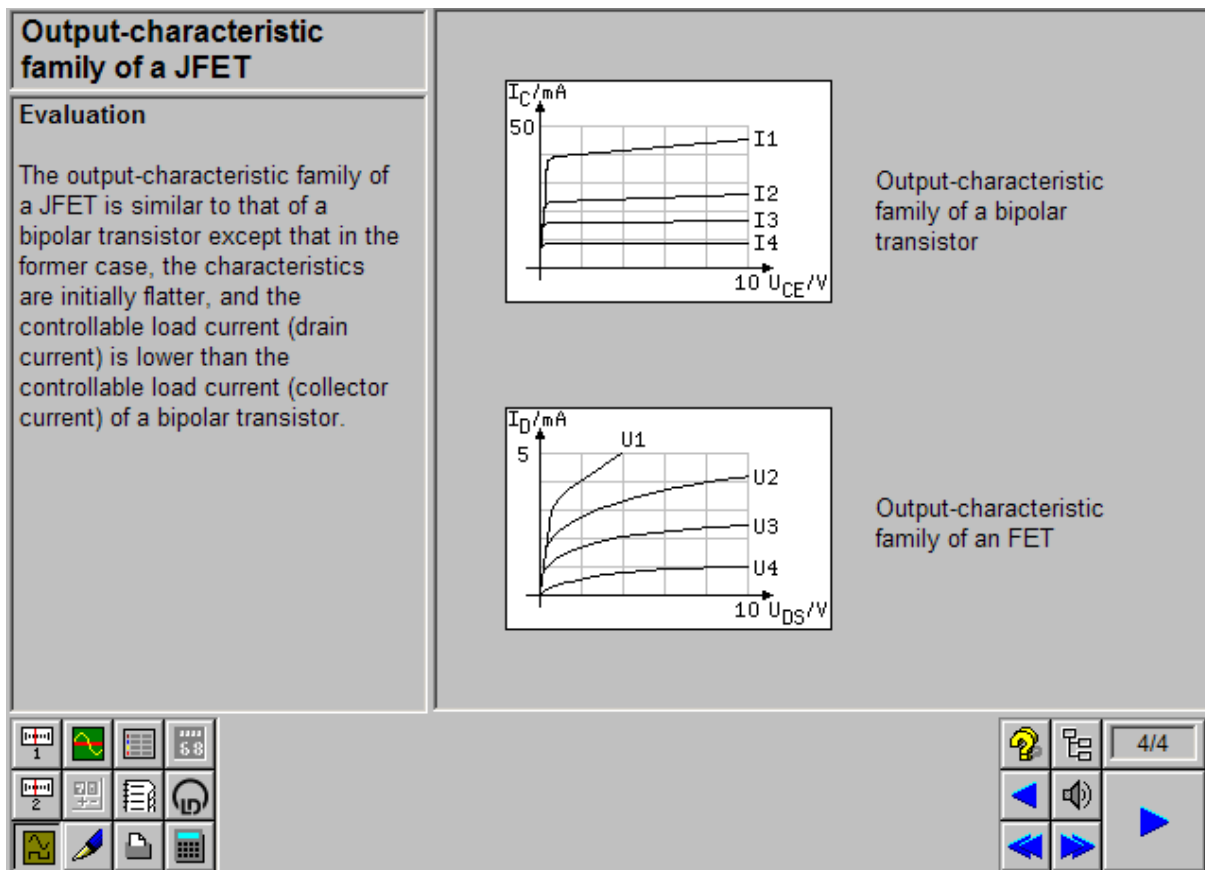


Figura 11.8. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar și caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

11.4.2 Întrebări

În figura 11.9 este evidențiată caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune. Pentru punctele evidențiate în figura 11.9 sau pentru punctele afișate în fereastra software-ului didactic COM3LAB să se calculeze rezistența de ieșire.

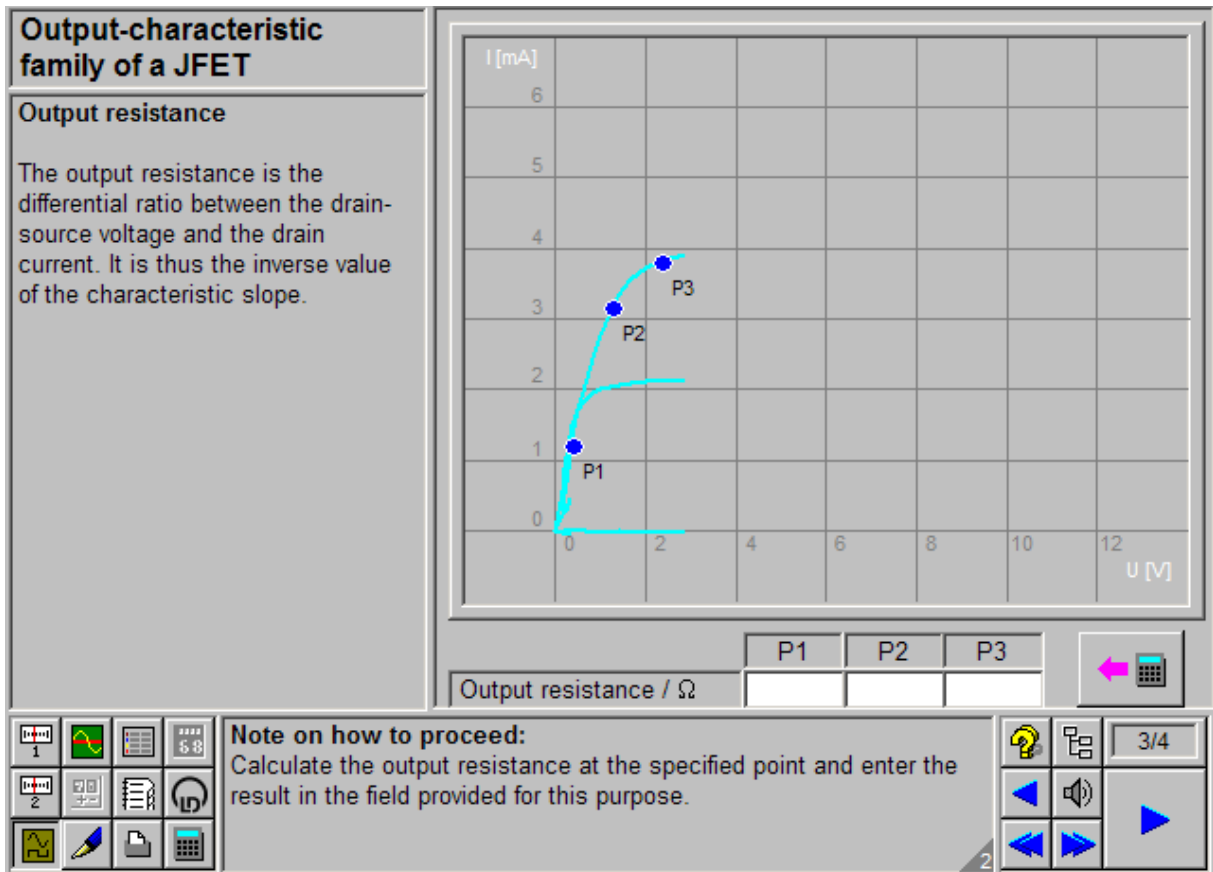


Figura 11.9. Caracteristica de ieșire, ($I_D, V_{DS}, V_{GS} = \text{const.}$), a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune.

Lucrarea 12

Tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor

12.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor cu efect de câmp metal oxid semiconductor din perspectiva caracteristicii de transfer și a caracteristicii de ieșire.

12.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70016 Electronic Components II, lucrarea 3, un osciloscop și șapte fire de legătură.

12.3 Noțiuni teoretice

Caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor determină modul în care curentul de drenă se modifică atunci când este variată tensiunea grilă sursă. Transconductanța reprezintă raportul dintre variația curentului de drenă și variația tensiunii grilă sursă, în jurul unei valori instantanee.

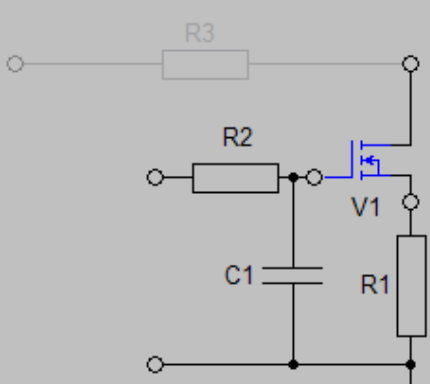
Caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor determină modul în care curentul de drenă se modifică atunci când este variată tensiunea drenă sursă, atunci când tensiunea grilă sursă este constantă. Rezistența de ieșire diferențială reprezintă raportul dintre variația tensiunii drenă sursă și variația curentului de drenă, în jurul unei valori instantanee.

Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

12.4 Desfășurarea lucrării

12.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor

În figura 12.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor cu efect de câmp metal oxid semiconductor (V1).

Characteristics of a MOSFET	
Transfer characteristic	
The transfer characteristic is measured as in the case of the JFET. As this characteristic lies in the positive range, the MOSFET has an inherent blocking property .	
MOSFETs with inherent conductivity are also available, but do not play a significant role in practice.	
The four available types of MOSFET - n-channel, p-channel, inherent conduction, inherent blocking - are depicted by four corresponding circuit diagrams .	

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

3/7

Figura 12.1. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 12.2 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune alternativă G1 la borna stângă a rezistorului R2, conectarea bornei comune a sursei de tensiune alternativă G1 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 va fi conectată la dreapta tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor, iar borna comună a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic.

Osciloscopul va fi conectat în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna comună a circuitului electronic, borna Y1 va fi conectată la grila tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor, iar borna comună va fi conectată la sursa tranzistorului.

Characteristics of a MOSFET

Transfer characteristic

The transfer characteristic is measured as in the case of the JFET. As this characteristic lies in the positive range, the MOSFET has an **inherent blocking property**.

MOSFETs with **inherent conductivity** are also available, but do not play a significant role in practice.

The four available types of MOSFET - n-channel, p-channel, inherent conduction, inherent blocking - are depicted by four corresponding **circuit diagrams**.

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

Figura 12.2. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 12.3

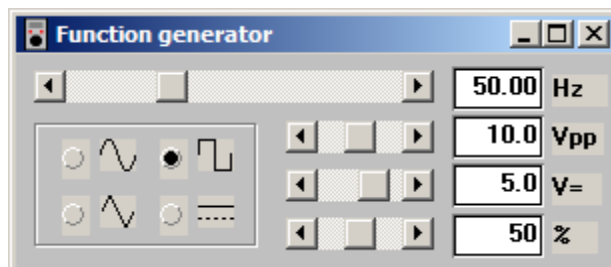


Figura 12.3. Setarea sursei de tensiune alternativă G1.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 12.4 este evidențiat modul în care acesta se va configura. După efectuarea acestui pas pe afișorul

osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor. Aceasta ar trebui să arate ca cea din figura 12.5.

Characteristics of a MOSFET

Transfer characteristic

The transfer characteristic is measured as in the case of the JFET. As this characteristic lies in the positive range, the MOSFET has an **inherent blocking property**.

MOSFETs with **inherent conductivity** are also available, but do not play a significant role in practice.

The four available types of MOSFET - n-channel, p-channel, inherent conduction, inherent blocking - are depicted by four corresponding **circuit diagrams**.

Instrument settings:
Set the oscilloscope to the XY mode, the trigger to +Y2 and Y2Att to -1. The best results are obtained with Y1/div = 1 V, Y2/div = 1 V and X/div = 1 ms.

Figura 12.4. Setarea osciloscopului.

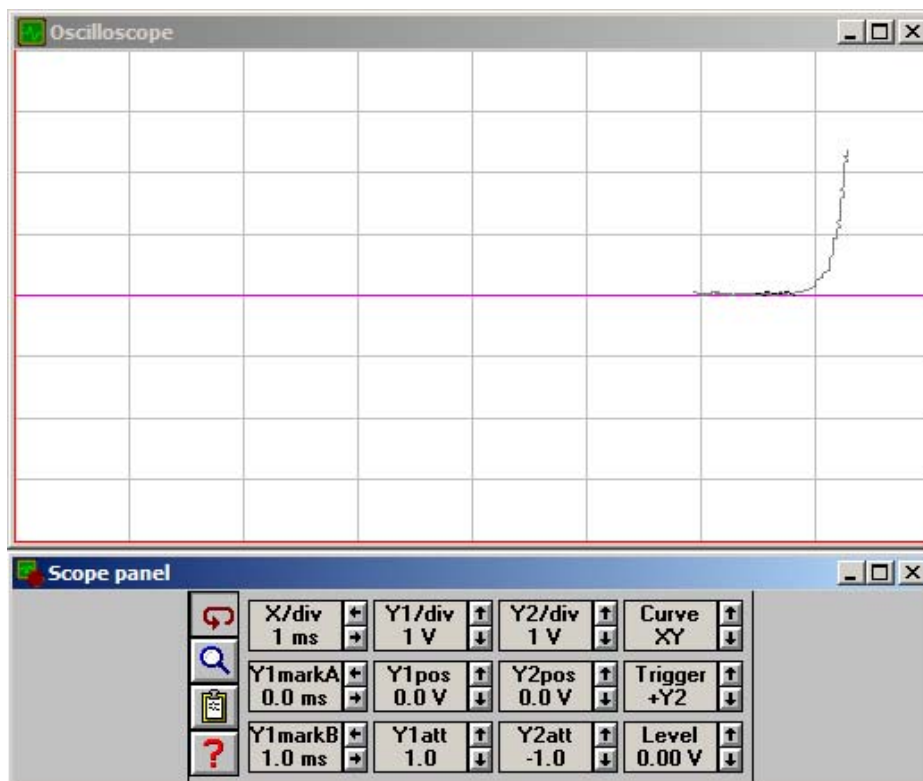


Figura 12.5. Caracteristica de transfer, (V_{GS}, I_D), a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

12.4.2 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor

În figura 12.6 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor cu efect de câmp metal oxid semiconductor (V1). De asemenea în fereastra de jos a figurii 12.6 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume scurtcircuitarea rezistorului R1 cu ajutorul unui fir de legătură.

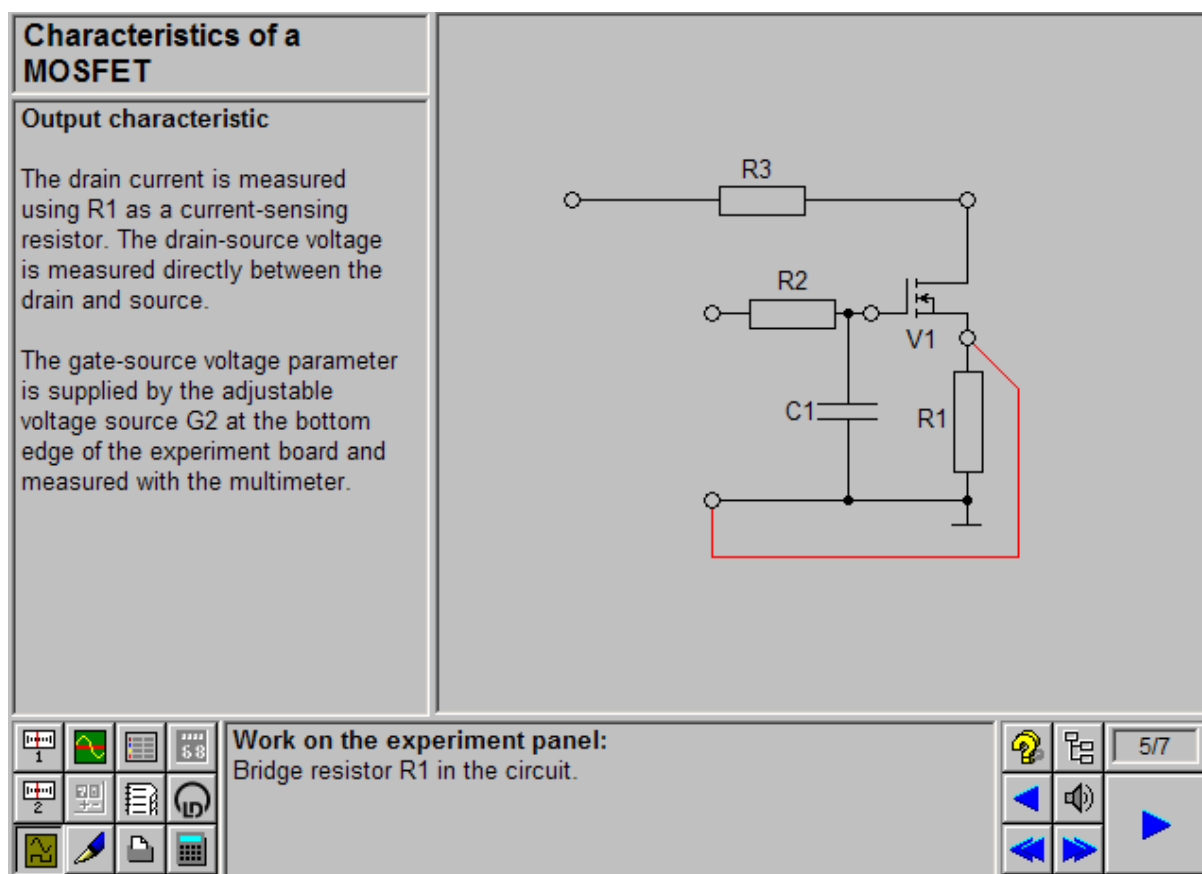


Figura 12.6. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 12.7 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune alternativă G1 la borna stângă a rezistorului R3, conectarea bornei comune a sursei de tensiune alternativă G1 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R2, iar borna comună a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic. Osciloscopul va fi conectat

în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R3, borna Y1 va fi conectată la sursa tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor, iar borna comună va fi conectată la drena tranzistorului.

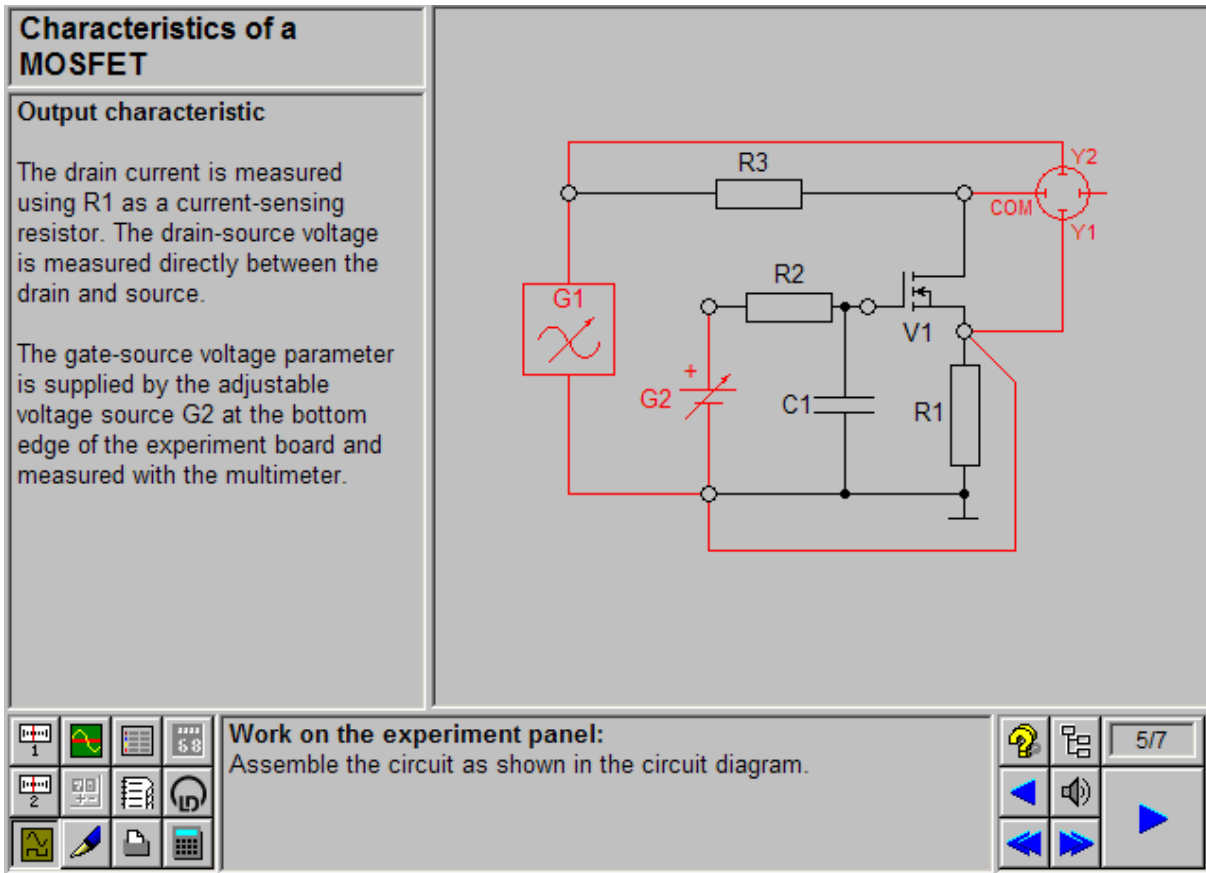


Figura 12.7. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 12.8.

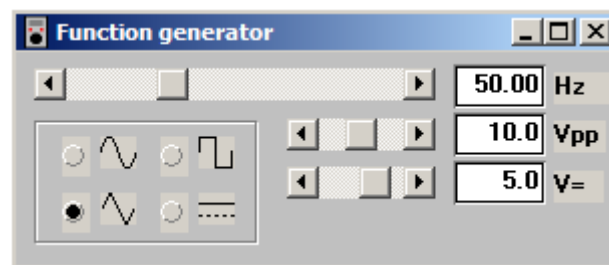


Figura 12.8. Setarea sursei de tensiune alternativă G1.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 12.9 este evidențiat modul în care acesta se va configura. După efectuarea acestui pas pe afișorul osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal

oxid semiconductor. În figura 12.10 este evidențiată caracteristica de ieșire pentru trei tensiuni grilă sursă.

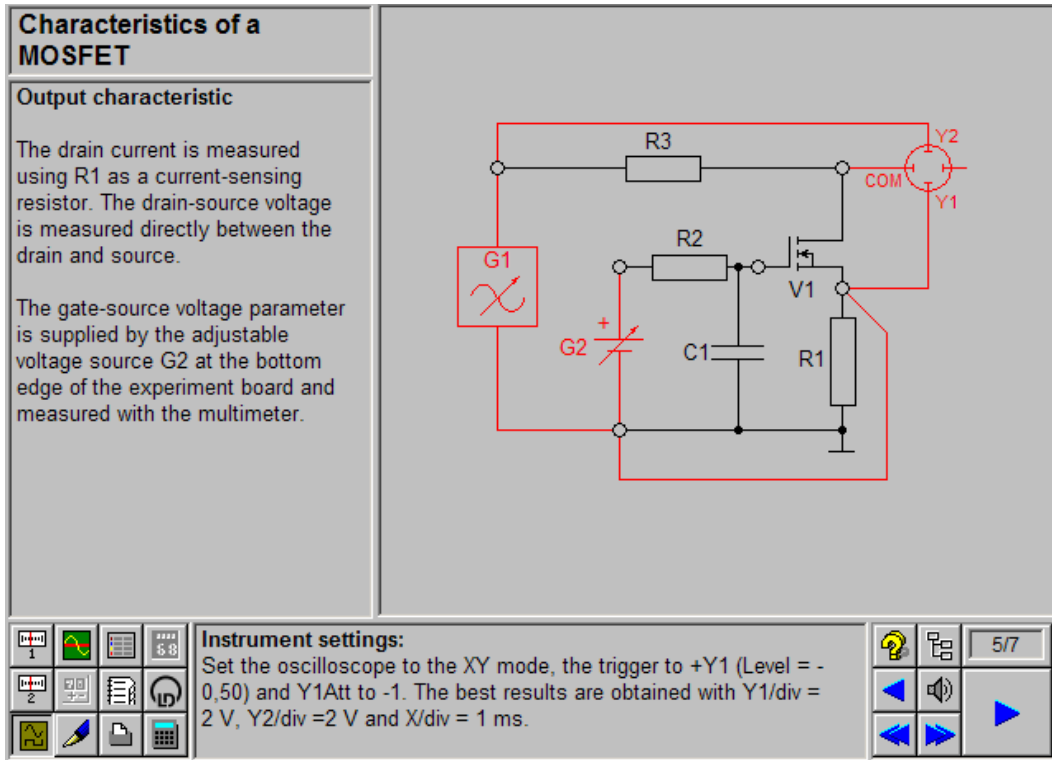


Figura 12.9. Setarea osciloscopului.

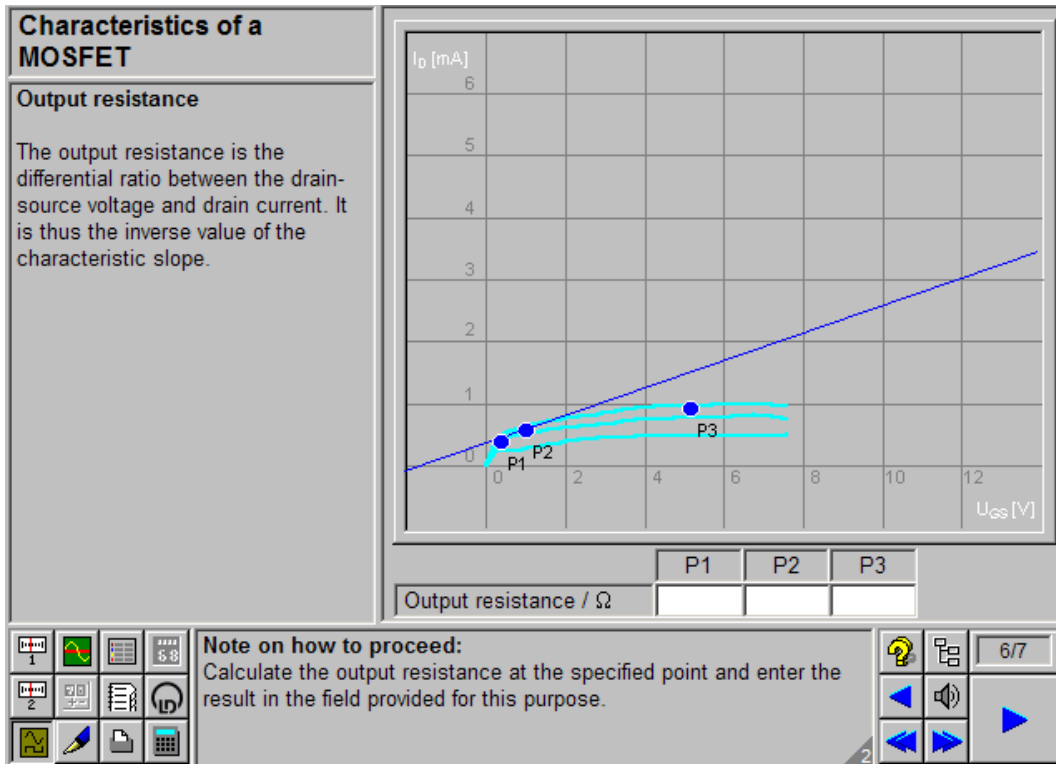


Figura 12.10. Caracteristica de ieșire, ($I_D, V_{DS}, V_{GS} = \text{const.}$), a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

În figura 12.11 se observă asemănările și diferențele între caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar, caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune și caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor. Forma caracteristicilor este aproximativ la fel, însă, și în acest caz, curentul de bază este mult mai mare ca cel de drenă al tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

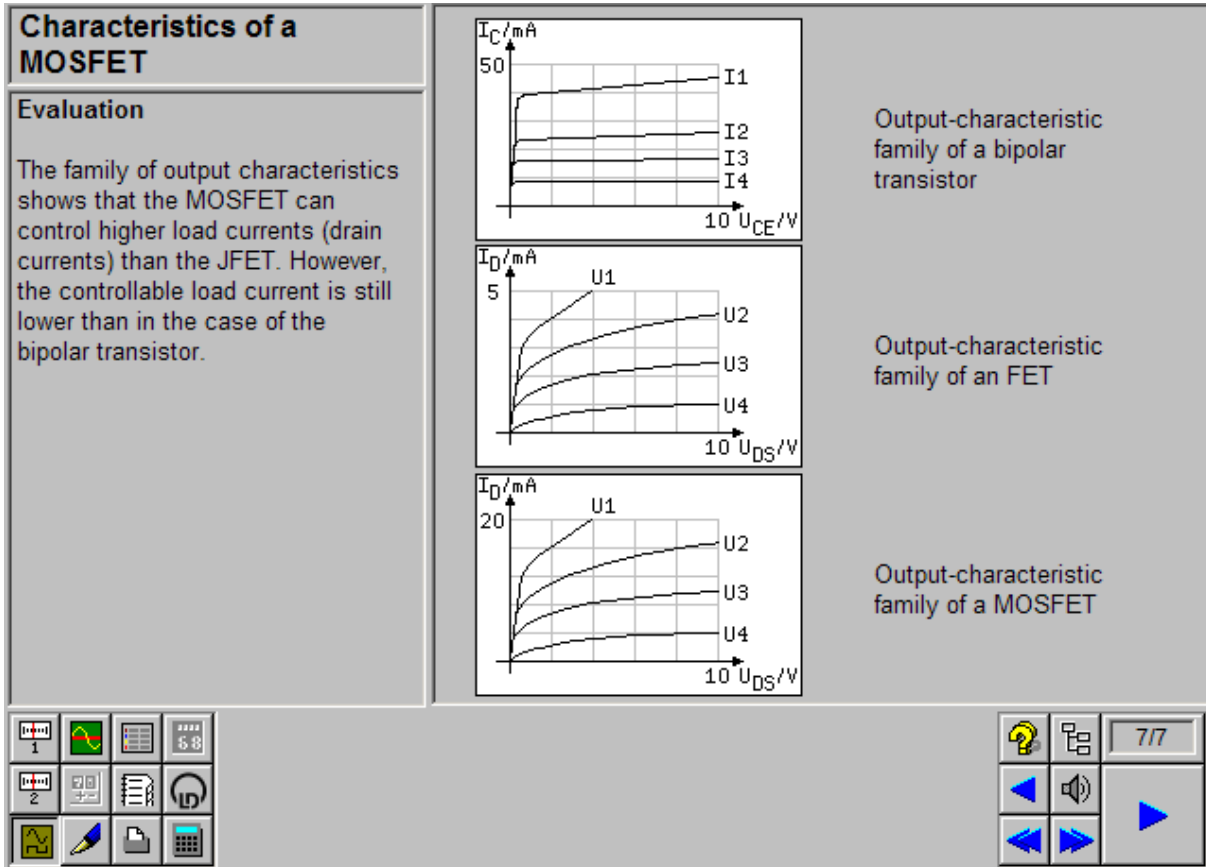


Figura 12.11. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar, caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp cu joncțiune și caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

12.4.3 Întrebări

În figura 12.12 este evidențiată caracteristica de transfer a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor. Pentru punctul evidențiat în figura 12.12 sau pentru punctul afișat în fereastra software-ului didactic COM3LAB să se calculeze panta dreptei, reprezentând raportul dintre variația curentului de drenă și variația tensiunii grilă sursă.

În figura 12.10 este evidențiată caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor. Pentru punctele evidențiate în figura 12.10 sau pentru

punctele afișate în fereastra software-ului didactic COM3LAB să se calculeze rezistența de ieșire.

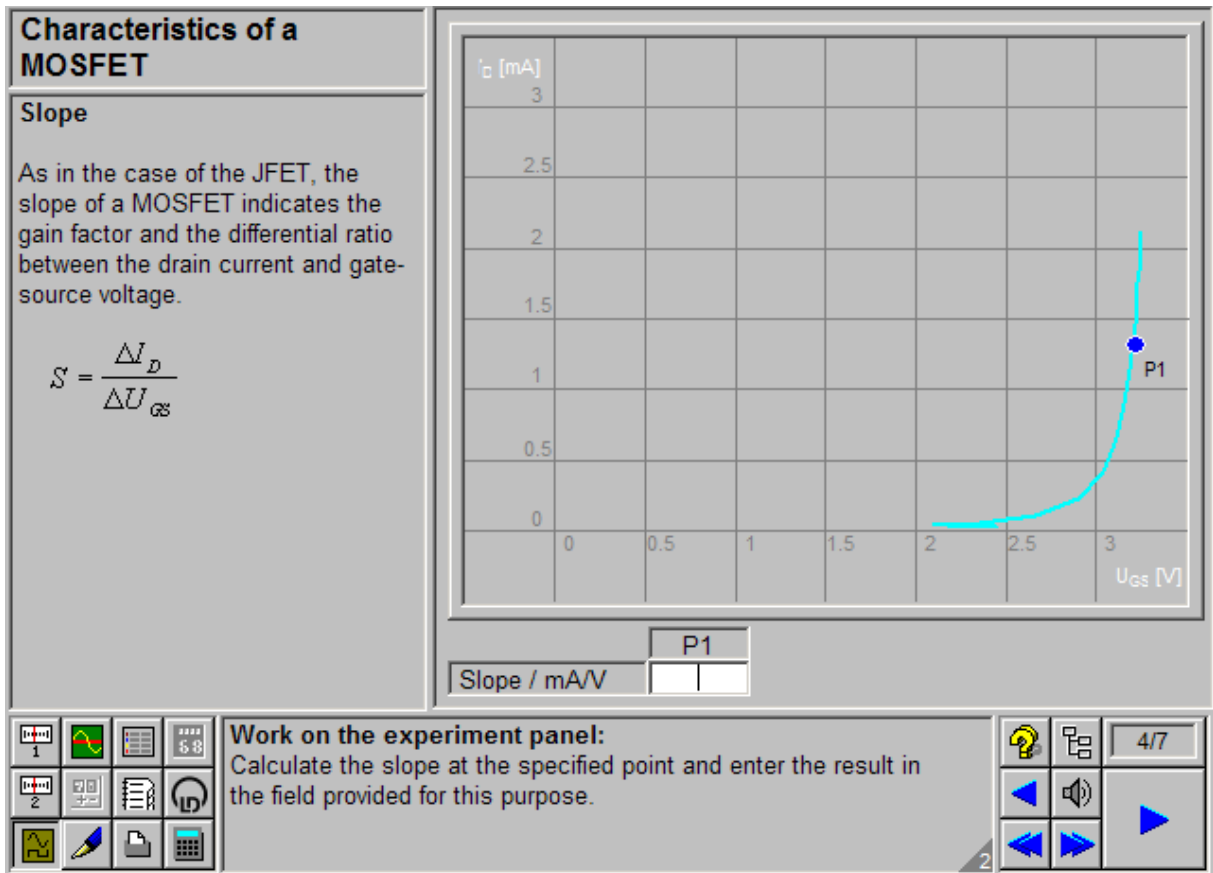


Figura 12.12. Caracteristica de transfer, (V_{GS}, I_D) , a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor.

Lucrarea 13

Tranzistorul bipolar cu grilă izolată

13.1 Obiective operaționale

Obiectivul principal al acestui laborator reprezintă înțelegerea modului în care funcționează un tranzistor bipolar cu grilă izolată din perspectiva caracteristicii de transfer și a caracteristicii de ieșire.

13.2 Instrumente necesare

Pentru efectuarea acestei lucrări este necesară platforma experimentală COM3LAB 70016 Electronic Components II, lucrarea 5, un osciloscop și șapte fire de legătură.

13.3 Noțiuni teoretice

Caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar cu grilă izolată determină modul în care curentul de colector se modifică atunci când este variată tensiunea grilă emitor. Transconductanța reprezintă raportul dintre variația curentului de colector și variația tensiunii grilă emitor, în jurul unei valori instantanee.

Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar cu grilă izolată determină modul în care curentul de colector se modifică atunci când este variată tensiunea colector emitor, atunci când tensiunea grilă emitor este constantă. Rezistența de ieșire diferențială reprezintă raportul dintre variația tensiunii colector emitor și variația curentului de colector, în jurul unei valori instantanee.

Mai multe informații se pot găsi în materialele citate în bibliografie în secțiunea Tranzistorul bipolar cu grilă izolată.

13.4 Desfășurarea lucrării

13.4.1 Determinarea caracteristicii de transfer pentru tranzistorul bipolar cu grilă izolată

În figura 13.1 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul bipolar cu grilă izolată. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor bipolar cu grilă izolată (V1).

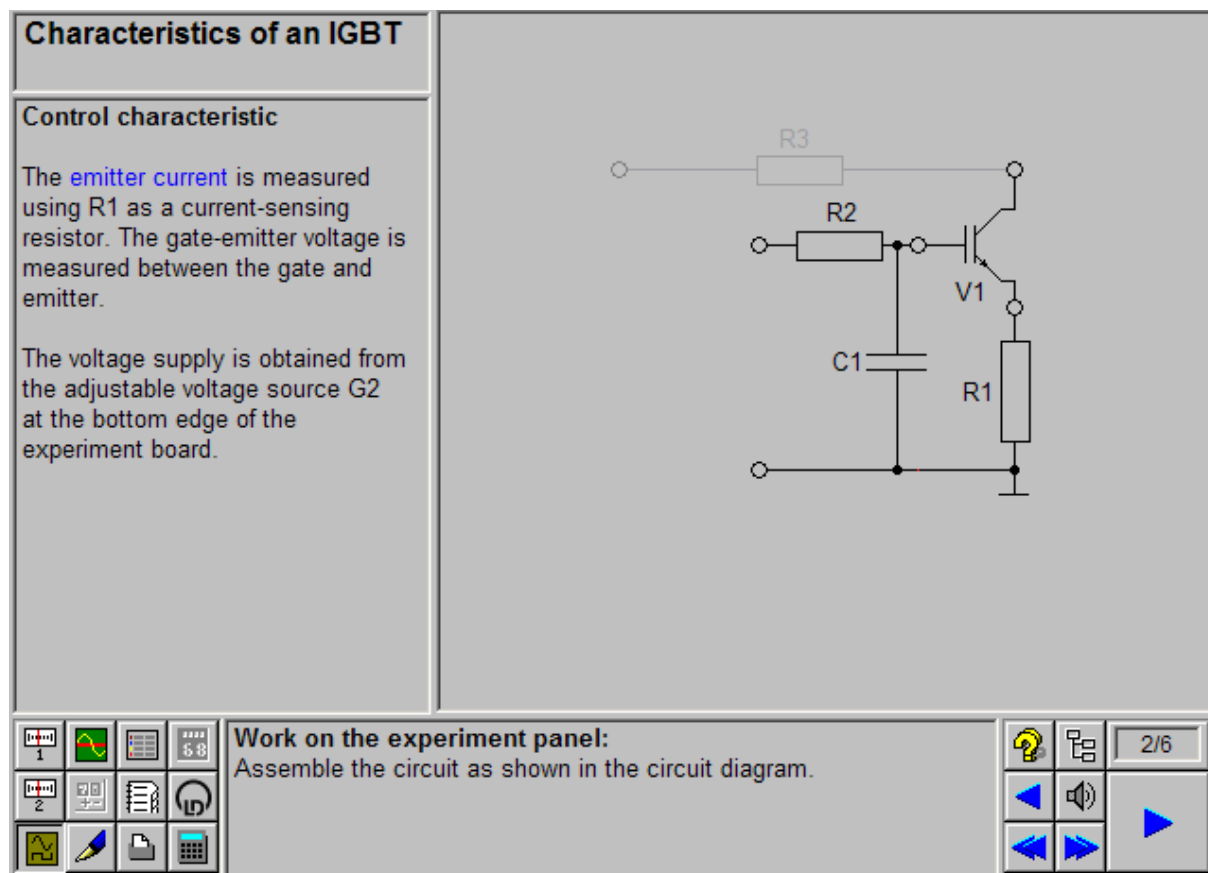


Figura 13.1. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul bipolar cu grilă izolată.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 13.2 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune alternativă G1 la borna stângă a rezistorului R2, conectarea bornei comune a sursei de tensiune alternativă G1 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 va fi conectată la colectorul tranzistorului bipolar cu grilă izolată, iar borna comună a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic. Osciloscopul va fi conectat în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna comună a circuitului

electronic, borna Y1 va fi conectată la grila tranzistorului bipolar cu grilă izolată, iar borna comună va fi conectată la emitorul tranzistorului.

Characteristics of an IGBT

Control characteristic

The **emitter current** is measured using R1 as a current-sensing resistor. The gate-emitter voltage is measured between the gate and emitter.

The voltage supply is obtained from the adjustable voltage source G2 at the bottom edge of the experiment board.

Work on the experiment panel:
Assemble the circuit as shown in the circuit diagram.

Figura 13.2. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. De asemenea se va conecta un fir de legătură între borna SYNC a generatorului G1 și borna TRIG a osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 13.3.

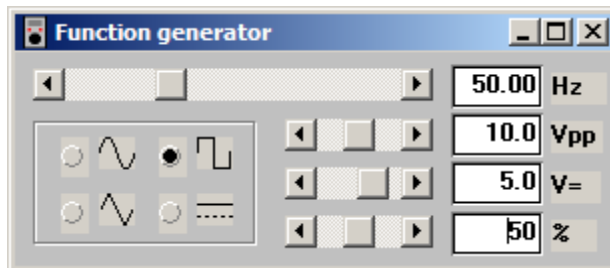


Figura 13.3. Setarea sursei de tensiune alternativă.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 13.4 este evidențiat modul în care acesta se va configura. Trigger-ul va fi selectat ca +EXT. După

efectuarea acestui pas pe afișorul osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar cu grilă izolată. Aceasta ar trebui să arate ca cea din figura 13.5.

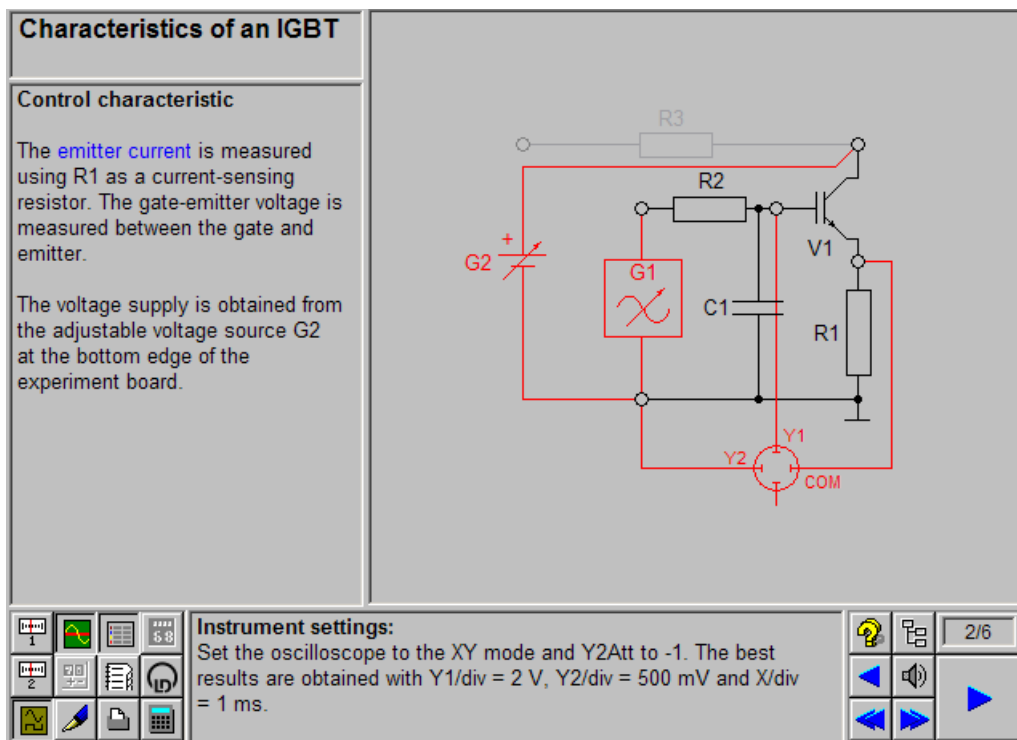


Figura 13.4. Setarea osciloscopului.

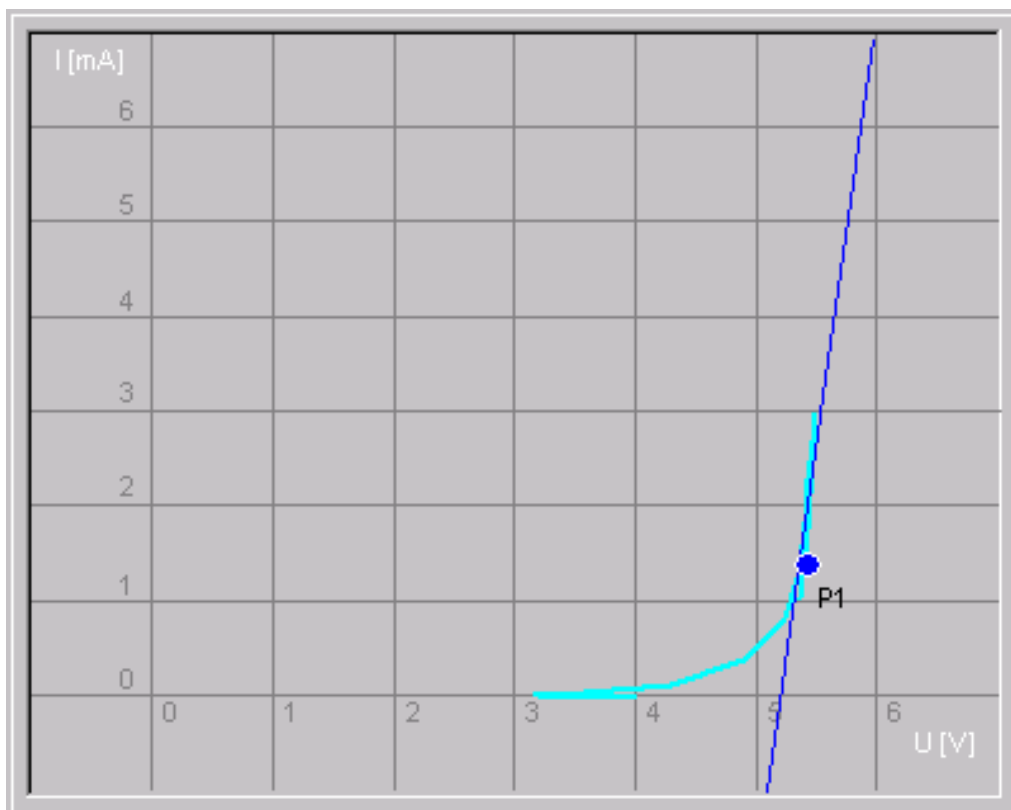


Figura 13.5. Caracteristica de transfer, (V_{GE}, I_C) , a tranzistorului bipolar cu grilă izolată.

13.4.2 Determinarea caracteristicii de ieșire pentru tranzistorul bipolar cu grilă izolată

În figura 13.6 este evidențiat circuitul electronic cu ajutorul căruia va putea fi testat tranzistorul bipolar cu grilă izolată. După cum se observă circuitul este alcătuit din trei rezistori (R1, R2 și R3), un condensator (C1) și un tranzistor bipolar cu grilă izolată (V1). De asemenea în fereastra de jos a figurii 13.6 este evidențiat primul pas al acestui experiment, și anume scurtcircuitarea rezistorului R1 cu ajutorul unui fir de legătură.

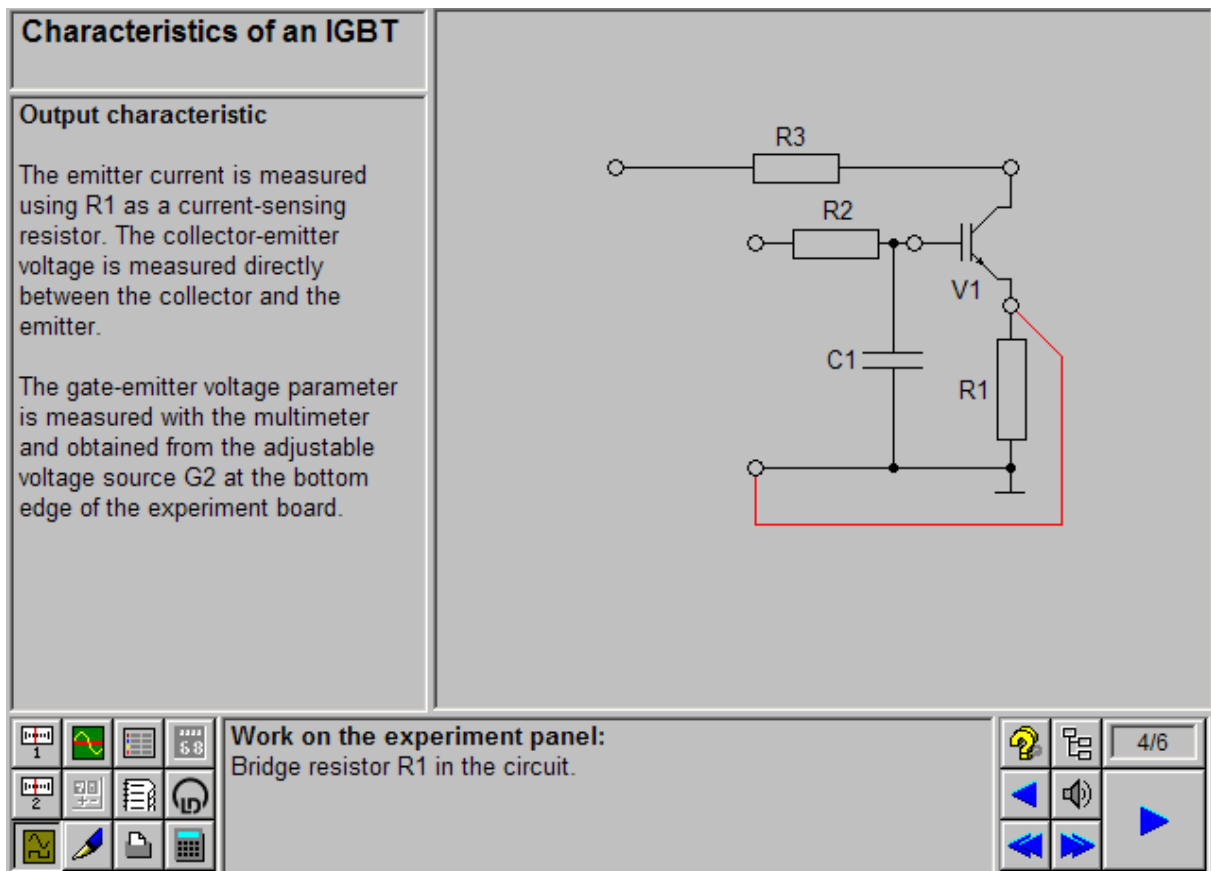


Figura 13.6. Circuitul electronic ce va permite caracterizarea modului în care funcționează tranzistorul bipolar cu grilă izolată.

Următorii pași în efectuarea acestui experiment sunt indicați în figura 13.7 și reprezintă conectarea bornei pozitive a sursei de tensiune alternativă G1 la borna stângă a rezistorului R3, conectarea bornei comune a sursei de tensiune alternativă G1 la borna comună a circuitului electronic. De asemenea borna pozitivă a sursei de tensiune continuă G2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R2, iar borna comună a sursei de tensiune continuă va fi conectată la borna comună a circuitului electronic. Osciloscopul va fi conectat în circuit în felul următor: borna Y2 va fi conectată la borna stângă a rezistorului R3, borna

Y1 va fi conectată la emitorul tranzistorului bipolar cu grilă izolată, iar borna comună va fi conectată la colectorul tranzistorului.

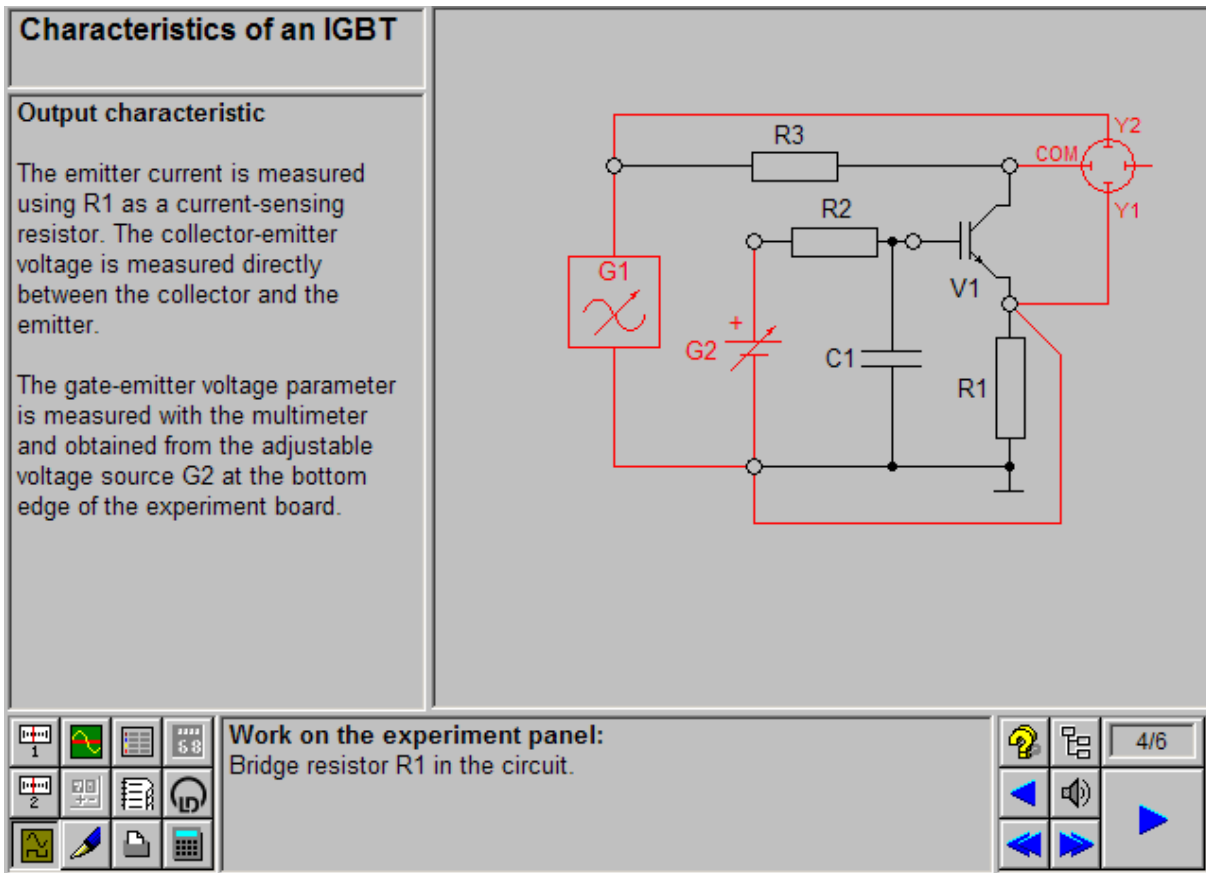


Figura 13.7. Conectarea osciloscopului și surselor de tensiune G1 și G2 în circuitul electronic.

După efectuarea pașilor anteriori, se vor deschide afișorul și panoul de control ale osciloscopului. După efectuarea acestui pas se va deschide generatorul de semnal și se va configura ca în figura 13.8.

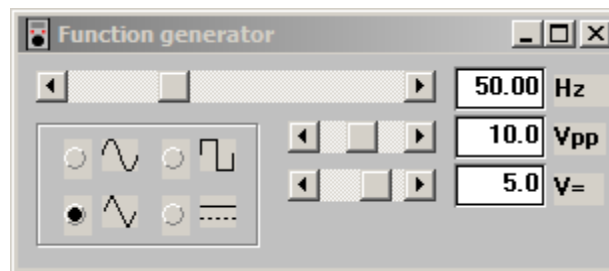


Figura 13.8. Setarea sursei de tensiune alternativă G1.

Pasul următor reprezintă configurarea osciloscopului. În partea de jos a figurii 13.9 este evidențiat modul în care acesta se va configura. După efectuarea acestui pas pe afișorul osciloscopului ar trebui să apară caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar cu grilă izolată. În figura 13.10 este evidențiată caracteristica de ieșire pentru trei tensiuni grilă sursă.

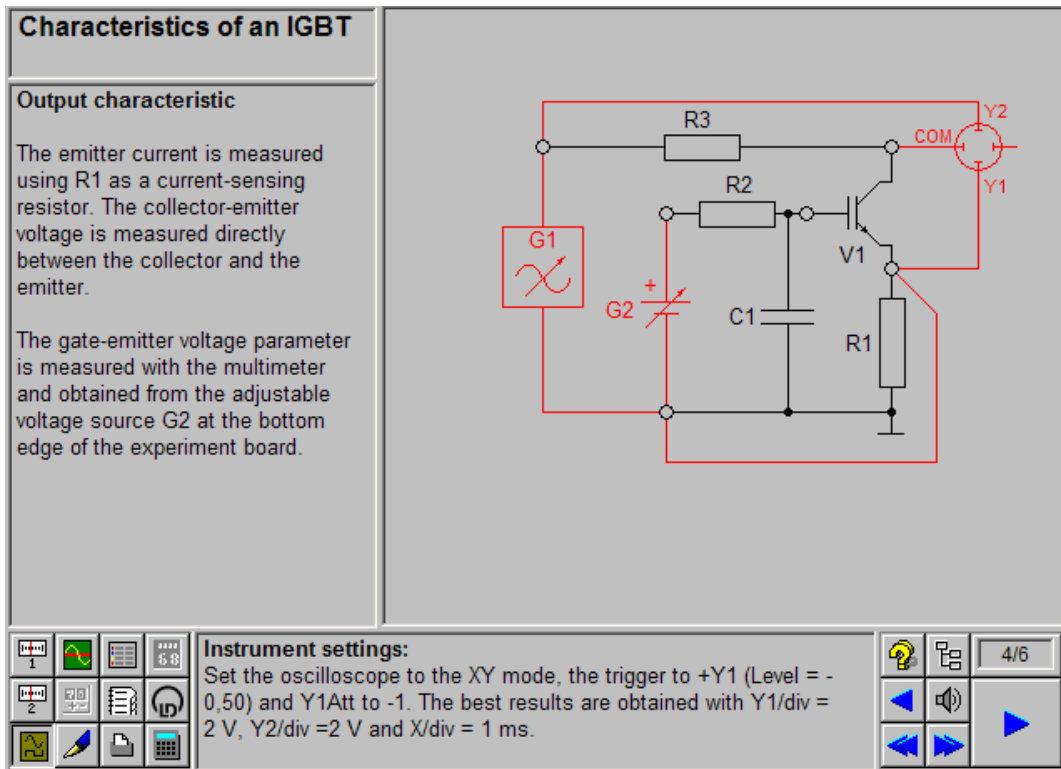


Figura 13.9. Setarea osciloscopului.

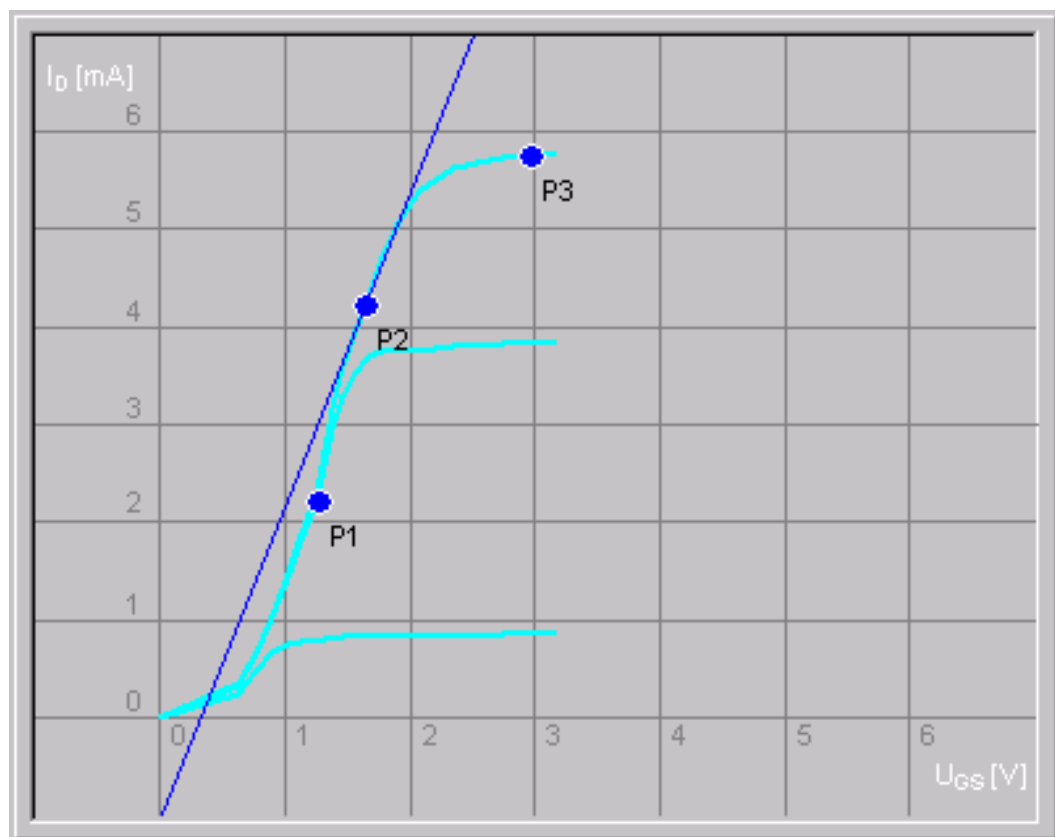


Figura 13.10. Caracteristica de ieșire, ($I_C, V_{CE}, V_{GE} = \text{const.}$), a tranzistorului bipolar cu grilă izolată.

În figura 13.11 se observă asemănările și diferențele între caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar, caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor și caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar cu grilă izolată. Forma caracteristicilor este aproximativ la fel, însă curentul de bază al tranzistorului bipolar cu grilă izolată este mult mai mare ca cel de drenă și ca cel de bază al tranzistorului bipolar.

Tranzistorul bipolar cu grilă izolată încorporează avantajele tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor și ale tranzistorului bipolar, adică: rezistență mare de intrare și curent de colector mare.

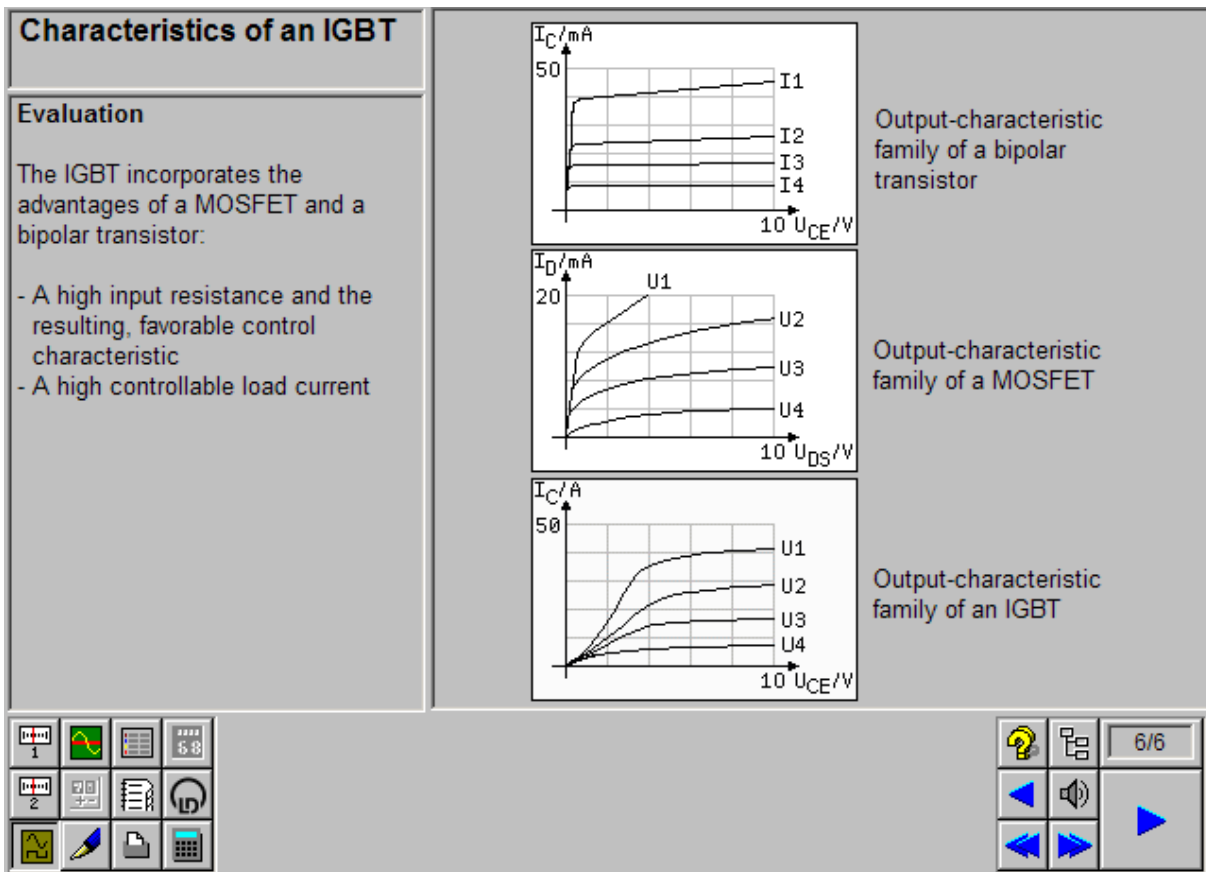


Figura 13.11. Caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar, caracteristica de ieșire a tranzistorului cu efect de câmp metal oxid semiconductor și caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar cu grilă izolată.

13.4.3 Întrebări

În figura 13.5 este evidențiată caracteristica de transfer a tranzistorului bipolar cu grilă izolată. Pentru punctul evidențiat în figura 13.5 sau pentru punctul afișat în fereastra

software-ului didactic COM3LAB să se calculeze panta dreptei. Aceasta reprezintă raportul dintre variația curentului de colector și variația tensiunii grilă emitor.

În figura 13.10 este evidențiată caracteristica de ieșire a tranzistorului bipolar cu grilă izolată. Pentru punctele evidențiate în figura 13.10 sau pentru punctele afișate în fereastra software-ului didactic COM3LAB să se calculeze rezistența de ieșire.

Bibliografie

- **DIODA, DIODA ZENER, LED-UL**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>
3. Agarwal A., Lang H. J., *Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits*, Elsevier, 2005, capitolul 16 - Diodes.
4. Sedra S. A., Smith C. K., *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, 2010, capitolul 4 – Diodes.

- **TRANZISTORUL BIPOLAR**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>
3. Sedra S. A., Smith C. K., *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, 2010, capitolul 6 – Bipolar Junction Transistors.

- **FOTOTRANZISTORUL**

1. <http://en.wikipedia.org/>
2. http://cursuri.flexform.ro/courses/L2/document/ClujNapoca/grupa1/Aranyi_Iulia/site/fototranzistor.html

- **TRANZISTORUL DARLINGTON**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>

- **TRANZISTORUL CU EFECT DE CÂMP CU JONCȚIUNE**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>

- **TRANZISTORUL CU EFECT DE CÂMP METAL OXID SEMICONDUCTOR**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>
3. Agarwal A., Lang H. J., *Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits*, Elsevier, 2005, capitolul 7 – The MOSFET Amplifier.

4. Sedra S. A., Smith C. K., *Microelectronic Circuits*, Oxford University Press, 2010, capitolul 5 – MOS Field-Effect Transistors.

- **TRANZISTORUL BIPOLAR CU GRILĂ IZOLATĂ**

1. Băluț L., *Note de curs*.
2. <http://en.wikipedia.org/>