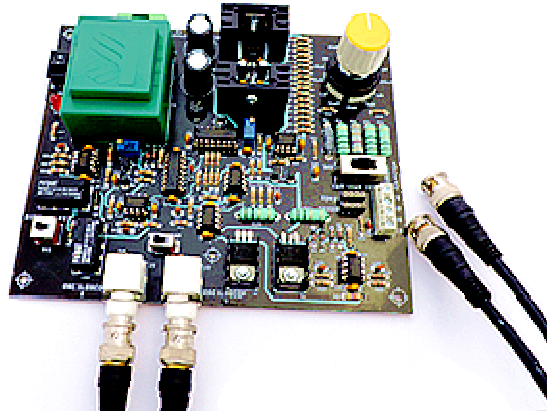


Trasator de curbe pentru dispozitive semiconductoare

— *Lucrare de laborator* —



Modul analiză
Caracteristici semic.

Tensiune alimentare 220Vca
Alimentare de la rețea

Puncte de test pe fiecare bloc
Puncte de măsură semnale

Lucrări de Laborator
Dispozitive semiconductoare

Conectivitate
Osciloscop

Clienților noștri pasionați

Încercăm prin această Colecție de produse să satisfacem cerințele d-voastră plecând de la dorința noastră de a materializa orice idee utilă, valoroasă și imediat aplicabilă.

Fiecare proiect din această colecție a fost selectat cu grijă din multimea de idei, pentru a îmbunătăți modalitatea de înțelegere rapidă a circuitelor electronice, a fost îndelung testat și am abordat o prezentare pe înțelesul tuturor.

Încă de la începuturi, noi cei de la EPSICOM ne-am propus cele mai înalte obiective posibile în căutarea excelenței și mai mult decât atât, am pus un accent important pe formarea profesional vocațională a noii generații ce va continua activitatea, adică voi.

S-a născut astfel ideea dezvoltării acestor platforme, am depus toată energia, creativitatea pentru a sprijini noua generație de specialiști. Permanent am considerat că drumul spre cunoaștere trebuie străbătut îmbinând teoria cu practica imediată pentru aprofundarea și înțelegerea deplină a noțiunilor.

Am testat sute de scheme, zeci de versiuni care să aducă bucuria cunoașterii.

Aceasta este generația de produse educaționale care aduce multe noutăți și completează zonele identificate de noi ca fiind esențiale în aprofundarea cunoștințelor teoretice.

Sperăm că vă vor plăcea la fel de mult precum nouă. Utilizați-le cu înțelepciune și bucurați-vă !

Jan Gîlcescu,
Manager EPSICOM

Introducere	2	II. Testarea tranzistoarelor FET și MOSFET	16
Prezentare.....	2	Exemplul 4	
Important de știut.....	3	Testarea tranzistoarelor FET	19
Noțiuni introductive	4	Diferența dintre două tranzistoare FET	22
Scopul acestor determinări	4	Exemplul 5	
Ce este trasatorul de curbe?	4	Testarea tranzistoarelor MOSFET	23
Trasatorul de curbe	5	III. Testarea tiristorilor și triacelor	23
Din ce este compus acest aparat ?	5	Exemplul 6	
Schema bloc a trasatorului de curbe	6	Testarea tiristorilor	24
Funcționarea trasatorului de curbe	8	Exemplul 7	
Breviar de termeni	9	Testarea triacelor	26
I. Testarea tranzistoarelor bipolare NPN și PNP	10	Cum distingem un tiristor de un triac ?	27
Exemplul 1		IV. Fenomene în semiconductori	27
Testarea tranzistoarelor NPN de mică putere	10	Prezentare	27
Exemplul 2		Defectele tranzistoarelor	28
Testarea tranzistoarelor NPN de medie putere	13	Ce urmează?	29
Exemplul 3		Bibliografie	29
Testarea tranzistoarelor NPN de mare putere.....	14		

Introducere

Prezentare

Caracteristicile dispozitivelor semiconductoare, chiar ale aceluiași tip de tranzistor diferă, nu sunt identice, nu se suprapun nici dacă sunt din aceeași tranșă sau au aceeași serie de fabricație. Putem spune că fiecare dispozitiv electronic are propria sa “amprentă”.

Chiar dacă avem în fișa de catalog a producătorului toate familiile de caracteristici, vom observa că în practică lucrurile se potrec altfel.

Scopul principal al studiului comportamentelor dispozitivelor semiconductoare este de a alege cel mai potrivit dispozitiv în aplicația noastră (puncte optime de funcționare, prin polarizare, pentru etajele aplicator din clasa A, împerecherea tranzistoarelor pentru amplificatoare cu etaje push-pull, ...).

Pe lângă aceasta, odată cu studiul teoretic al dispozitivelor (ecuații, scheme echivalente, parametri, caracteristici, ...) experimentul, practica ne va confirma viabilitatea cunostințelor.

Totodată vom analiza și funcționarea trasatorului de curbe, modul în care sunt aplicate semnalele dispozitivelor testate, ce

tipuri de semnale și ce caracteristici obținem la ieșire și cum le interpretăm.

Pentru trasarea caracteristicilor oricărui tip de dispozitiv semiconductor este nevoie să aplicăm acestuia semnale electrice ca parametri de funcționare (tensiuni, curenți) ce simulează funcționarea acestora în anumite limite.

În mod normal, la lucrările de laborator din instituțiile de învățământ, aceste semnale se aplică punct cu punct prin reglarea manuală a aparaturii de laborator, se citesc rezultatele și se înscriu într-un tabel de valori după care se desenează caracteristica rezultată. Caracteroscopul vine în sprijinul acestor determinări pentru testarea unor familii întregi de semiconductori, compararea caracteristicilor pentru înțelegerea realităților practice, finale, a utilizării acestora. Vom înțelege de ce nu s-au construit un tip sau două de tranzistoare, de ce există câteva milioane de tipuri de tranzistoare pentru și mai multe aplicații.

EPSICOM Design

Echipe de proiectare-dezvoltare

Conectare pe fiecare port

Conectivitate

Permite înțelegerea funcționării dispozitivelor semiconductoare și analiza circuitelor electronice mai ușor decât oricând prin conectarea la un osciloscop.

Totul este deja pregătit

Modul compact

Indiferent că sunteți profesionist sau începător, analiza dispozitivelor semiconductoare va crea o emoție deosebită și va incita la noi decoperiri.

220Vca

Alimentare

Se numără printre platformele pe care studiul se poate face la diverse tensiuni de alimentare astfel încât se poate observa variația parametrilor de funcționare.

Documentație

Suport de laborator

Avem la dispoziție o platformă pentru studiul comportamentului mai multor tipuri de dispozitive semiconductoare.

Important de știut

De ce studiem componentele semiconductoare ?

Introducerea în domeniul experimental al electronicii privind comportarea componentelor semiconductoare, acele elemente active din circuitele electronice, este necesară, esențială în înțelegerea funcționării oricărui tip de circuit.

Caracteristicile aceluiasi tip de tranzistor diferă, nu se suprapun nici dacă sunt din aceeași tranșă sau au aceeași serie de fabricație. Putem spune că fiecare dispozitiv electronic are propria sa "amprentă".

Deși avem în fișa producătorului toate familiile de caracteristici, vom observa că în practică lucrurile se petrec puțin diferit, nu sunt componente așa cum au fost definite în mod ideal și studiate teoretic.

Vom putea testa "pe viu" componentele și vom înțelege cu adevărat electronica, în toată frumusețea ei.

Un curs util cu aplicație practică în toată regula.

Este cu adevărat o provocare, nu-i așa ?

Hai să testăm componentele semiconductoare !!!

Specificații



Alimentare
220 Vca



Consum
~100 mA



Dimensiuni module
165 x 135 mm



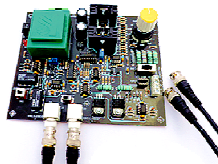
Greutate
~500 g

Completul de lucru conține:



Cutie

1



Modul + cabluri de conectare la osciloscop

2



Documentație

3

Noțiuni introductive

Scopul acestor determinări

Prin utilizarea acestui trasator de curbe, pe lângă descrierea funcționării lui, vom analiza modul în care sunt aplicate semnalele dispozitivelor testate, ce tipuri de semnale și ce caracteristici obținem la ieșire, cum le interpretăm.

Pe de altă parte este utilizat în cadrul proiectelor de cercetare științifică fundamentală și cercetare științifică aplicativă, în studiul materialelor semiconductoare și elaborarea dispozitivelor electronice pentru aplicații avansate, cu caracteristici noi și performanțe adaptate aplicațiilor actuale.

Conceput pentru dotarea laboratoarelor de electronică de „Inginerie electronică”, „Electronică industrială”, „Electronică și microelectronică”, „Telecomunicații”, ...

Pe lângă principalele caracteristici și parametri se pot analiza comportamentele la diverse temperaturi de lucru și optimiza metodele de răcire;

Se pot vizualiza caracteristicile componentelor după funcționarea în regim de stress termic, modul în care sau modificat parametrii electrici.

Nu în ultimul rând vom trage câteva concluzii referitoare la limitele de încărcare a componentelor, degradarea termică ireversibilă sau străpungeri ale joncțiunilor prin depășirea parametrilor maxim admisibili.

Un curs util cu aplicație practică în toată regula.

Ce este trasatorul de curbe?

Trasatoarele de curbe sunt aparate electronice care se cuplează la un osciloscop și care sunt destinate testării dispozitivelor semiconductoare cum ar fi diodele, tranzistoarele și tiristoarele.

Funcționarea se bazează pe modificarea unui parametru de lucru și măsurând separat valorile necesare pentru analizei prin ridicarea caracteristicilor dispozitivelor semiconductoare testate. Sunt deosebit de utile pentru analiza defectelor dispozitivelor semiconductoare și caracterizarea parametrică a acestora.

Metoda de testare se bazează pe baleerea tensiunii aplicate pe două terminale ale dispozitivului supus testului combinat cu modificarea tensiunii (curentului) de comandă și măsurând valoarea curentului prin dispozitiv la fiecare nivel de tensiune. Graficul curent tensiune IV rezultat este apoi vizualizat pe ecranul osciloscopului cuplat la trasatorul de curbe pe intrările X și Y.

Trasatorul de curbe

Din ce este compus acest aparat ?

Aparatul conține 8 blocuri funcționale, conectate așa cum sunt prezentate în Figura 5:

Oscilatorul – circuit de generare semnale tact $f = 280 \text{ Hz}$;

Convertorul D/A – formator 8 trepte de tensiune necesare aplicării tensiunii de comandă/curentului din bază;

Convertorul semnal dreptunghiular/dinte de ferastrau – circuit de formare a tensiunii liniar crescătoare ce se aplică ca tensiune de alimentare a semiconductorului;

Amplificatorul trepte de tensiune – amplificator dublu cu alimentare diferențială, comandat pentru 8 nivele de tensiuni de ieșire crescătoare sau descrescătoare;

Amplificatorul TLV – amplificator dublu cu alimentare diferențială, comandat pentru tensiune de ieșire liniar variabilă crescătoare sau descrescătoare;

Comutatorul SW1 – 12 poziții, pentru selectarea curentului prin bază:



Figura 1

Comutatorul SW2 – 3 poziții, pentru selectarea curentului de colector:

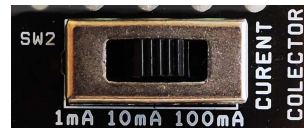


Figura 2

Comutatorul SW3 – 2 poziții, pentru selectarea tranzistor Bipolar sau FET:

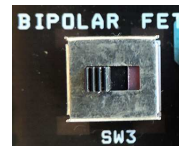


Figura 3

Comutatorul SW4 – 2 poziții, pentru selectarea tip NPN sau PNP:



Figura 3b

Amplificator X – amplificator de ieșire cu câștig 1 pentru canalul X al osciloscopului;

Amplificator Y – amplificator de ieșire cu câștig 10 pentru canalul Y al osciloscopului;

Conector Test – la care se conectează terminalele componentelor semiconductoare.

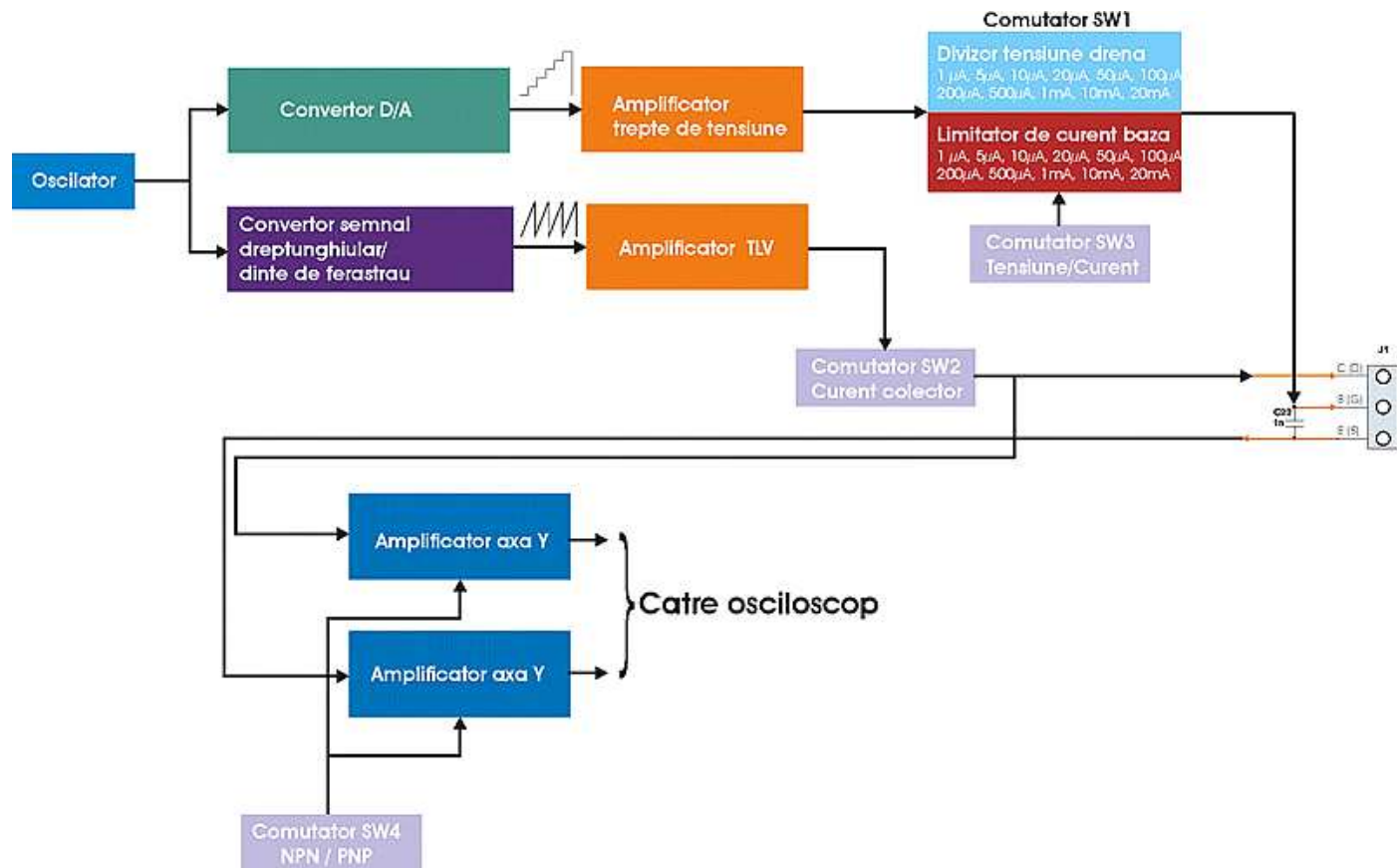


Figura 4 – Schema bloc a trasatorului de curbe

Funcționare

Pentru tranzistoarele bipolare, urmărim să obținem la ieșire caracteristici ca rezultat al variației tensiunii U_{ce} (tensiune rampă crescătoare) pentru 7 valori diferite ale curentului de bază de la I_{b1} la I_{b7} . Pentru aceasta vom folosi două semnale: un semnal în trepte de la 5V la și un altul linear crescător de tensiune, sincronizate între ele.

Impulsurile generate de un **Oscilator** sunt aplicate unui bloc **Convertor D/A** și unui **Convertor de semnal dreptunghiular în semnal tip dinte de fierăstrău** (TLV tensiune linear variabilă).

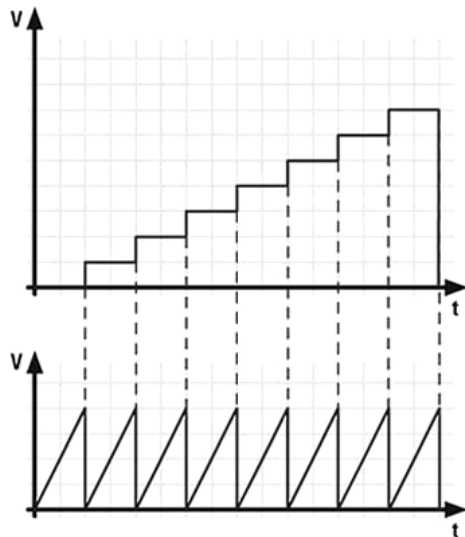


Figura 5

Oscilatorul are frecvența fixă de 280Hz.

Convertorul D/A generează la fiecare impuls câte o treaptă formând un semnal tip rampă crescătoare cu 7 trepte, folosit pentru a varia curentul din bază.

Cele 7 trepte sunt sincronizate pe un ciclu complet de creștere, de la nivelul minim la cel maxim a tensiunii linear variabile, așa cum este prezentată în Figura 5.

Semnalele treaptă cu valorile:

Treapta 1	0,00 V
Treapta 2	1,85 V
Treapta 3	3,70 V
Treapta 4	5,55 V
Treapta 5	7,40 V
Treapta 6	9,25 V
Treapta 7	11,10 V
Treapta 8	12,95 V

sunt amplificate de **Amplificatorul trepte de tensiune** și sunt direcționate prin două comutatoare către pinul B (bază) al conectorului de test.

Prin comutatorul **SW1** cu 12 poziții obținem 12 valori de curent de bază utilizând rezistențe calculate pentru

1 μ A, 5 μ A, 10 μ A, 20 μ A, 50 μ A, 100 μ A, 200 μ A, 500 μ A, 1mA, 5mA, 10mA, 20mA.

Comutatorul **SW3** transformă semnalul de curent în semnal tensiune, printr-un divizor de tensiune, pentru testarea tranzistoarelor FET, MOSFET.

Convertorul de semnal dreptunghiular - semnal dinte de fierăstrău, generează la fiecare impuls câte un semnal linear crescător utilizat pentru a varia tensiunea pe colector. Este folosit un amplificator integrator cu curent constant și un circuit de descărcare rapidă. Semnalul este amplificat de **Amplificatorul**

TLV și aplicat pinului C (colector) al conectorului de test prin

comutatorul **SW2** cu 3 poziții care ne permite selectarea curentului de colector la 1mA, 10mA sau 100mA.

Tensiunea de pe colectorul tranzistorului, al cărui curent de colector este selectat prin **SW2**, este aplicată direct sau inversată iar semnalul de ieșire, direct sau inversat, va fi aplicat intrării X a osciloscopului prin **Amplificatorul Axa X** cu amplificare 1. Semnalul este selectat prin contactele unui releu comandat de comutatorul **SW4**, funcție de tipul de tranzistor testat: **NPN** sau **PNP**.

Curentul de colector este citit ca tensiune de pe o rezistență selectată de comutatorul **SW2** și trimisă, direct sau inversată, către intrarea Y a osciloscopului prin **Amplificatorul Axa Y** cu amplificare 10.

Curenții citiți sunt în domeniile 1mA, 10mA și 100mA, domenii selectate pentru tranzistori de mică, medie și mare putere.

Alimentarea simetrică, de $\pm 15V$, este asigurată de un bloc de alimentare format dintr-un transformator cu tensiune în secundar de $\pm 12V$ ca, tensiune ce este redresată, filtrată și stabilizată cu două circuite integrate monolitice, stabilizatoare de tensiune.

Pentru vizualizarea curbelor de răspuns ale unui tranzistor bipolar sau FET trebuie să cuplăm intrările X și Y ale osciloscopului, la ieșirile X și Y ale aparatului nostru, astfel încât semnalele de sincronizare vor fi aplicate pe intrarea X iar semnalele de rampă liniară pe intrarea Y a osciloscopului.

Câteva detalii

Știm deja că cele 7 trepte de curent se aplică pe baza tranzistorului testat, iar tensiunea dinte de fierăstrău este aplicată pe colector.

Dacă pentru tranzistoarele PNP valorile tensiunilor de ieșire, prin inversarea semnalului, tensiunile de ieșire vor fi aceleași însă cu semn schimbat, pentru testarea tranzistoarelor NPN, conform Figurii 6:

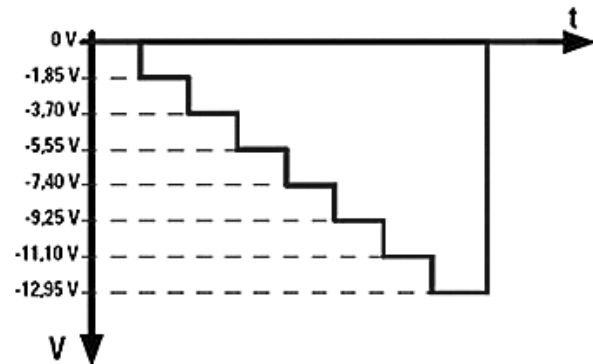


Figura 6

Treptele pozitive sunt utilizate pentru testarea **FET**-urilor și tranzistorilor **PNP**, în timp ce treptele de tensiune negativă sunt utilizate pentru testarea tranzistorilor tip **NPN**.

În cazul în care comutatorul **SW3** este pe poziția **FET** vom avea numai tensiuni pozitive,

Prin ajustarea semireglabilului R11 vom regla numărul complet de 7 trepte.

BREVIAR DE TERMENI

Tranzistoarele bipolare

Caracteristici statice – prin care pot fi evidențiate tensiunile de lucru, tensiunile de străpungere inversă sau directă, curenții nominali, maximi și de scăpări, căderile de tensiune de pe dispozitivul aflat în conducție, pierderi în conducție, zona de saturație, zona ohmică, zona de funcționare sigură etc. Toate aceste mărimi sunt definite pentru un regim stabilizat de funcționare, de conducție sau blocare fermă.

Caracteristici dinamice – prin care sunt apreciate performanțele dinamice ale dispozitivului, de tranziție din starea blocat în starea de conducție și viceversa. Aceste mărimi pot fi: timpii de comutație, frecvențele maxime de lucru, pierderile în comutație, pantele de creștere și scădere ale curentului sau ale tensiunii, curentul invers de recombinare a sarcinilor care au participat la conducție, supratensiunile de comutație etc.

Factorul de amplificare în curent al tranzistorului – Factorul de amplificare în curent din bază în colector (β_{cc}) – reprezintă raportul dintre curentul continuu prin colector (IC) și curentul continuu prin bază (IB)

Regiunea activă – în care joncțiunea emitor-bază este polarizată direct iar joncțiunea colector-bază invers

Regiunea de saturație – este situată în cadranul unu și apare la tensiuni $|V_{BE}| > |V_{CE}|$

Regiunea de blocare – cuprinsă între caracteristica IB=0 și abscisă.

Frecvența de tăiere – la care amplificarea tranzistorului scade cu 3dB.

α_0 - câștigul în curent în conexiunea BC, are valori 0,98÷0,998.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

β_0 - câștigul în curent în conexiunea EC, valori uzuale între 20÷800

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad I_C = \alpha I_E = \beta I_B$$

γ_0 - câștigul în curent în conexiunea CC,

$$\gamma = \frac{I_E}{I_B}$$

SOA - (Safe Operating Area) reprezintă condițiile de tensiune și curent în care funcționează un semiconductor fără a se deteriora. Este prezentată în fișele tehnice ale tranzistorilor ca un grafic cu V_{CE} (tensiune colector-emitor) pe abscisă și I_{CE} (curent colector-emitor) pe ordonată; SOA este zona de sub curbă. SOA combină diferitele limitări ale dispozitivului - tensiune maximă, curent, putere, temperatură de joncțiune, defecțiune secundară - într-o singură curbă, permițând proiectarea simplificată a circuitelor de protecție.

Punctul static de funcționare (PSF) – punctul static de funcționare se află pe dreapta de sarcină, la intersecția dintre caracteristica statică pentru curentul de bază determinat **Dreapta de sarcină** stabilește legătura dintre mărimile din circuitul de ieșire pe baza legii a doua a lui Kirchhoff pentru ochiul de ieșire: V_{CC} , R_C , C , E , masă.

Tiristoare

Tensiunea continuă în stare blocată – V_D , este tensiunea anodică pentru care tiristorul este în stare de blocare (6...400V).

Curentul de amorsare – I_L , valoarea de curent peste care are loc procesul de autoamorsare.

Curent de menținere – I_H , valoare minimă a curentului pentru care, tiristorul amorsat fiind, rămâne în conducție chiar în absența curentului de poartă..

I. Testarea tranzistoarelor bipolare

NPN și PNP

Etape de lucru:

Se începe testarea utilizând tranzistoare cunoscute.

Se identifică mai întâi terminalele EBC, deoarece, dacă le conectați incorect la intrările aparatului, veți vedea curbe anormale, așa cum se arată în **Figura 7**:

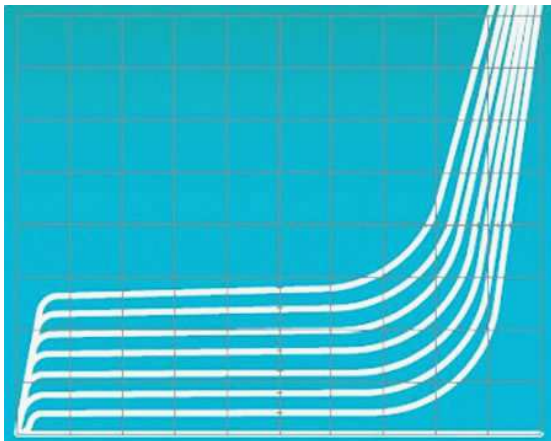


Figura 7 - Dacă vedeți un grafic care apare pe ecran curbându-se în sus spre dreapta, înseamnă că ați inversat terminalele emitorului și colectorului de pe intrările EC ale trasatorului de curbe

1. Se evaluează puterea tranzistorului de testare:

- Pentru a testa tranzistoarele de mică putere, setați comutatorul **SW2** Curent colector la 1 mA/div.
- Pentru a testa tranzistoarele de putere medie, setați comutatorul **SW2** Curent colector la 10 mA/div.
- Pentru a testa tranzistoarele de putere mare, setați comutatorul **SW2** Curent colector la 100 mA/div.

Dacă ați fi greșit în alegerea curentului colector, veți observa foarte repede, deoarece veți obține curbe prea strânse sau prea depărtate.

2. Pentru a testa tranzistoarele bipolare PNP sau NPN, trebuie să setați comutatorul **SW4** pe poziția corespunzătoare (**PNP** sau **NPN**)

Exemplul 1

Testarea tranzistoarelor NPN de mică putere

- Se conectează terminalele EBC ale tranzistorului la bornele conectorului J1 ale trasatorului de curbe;
- Setați toate comutatoarele după cum urmează:
 - a. Comutatorul **SW3** cu două poziții:
poziția **Tranzistor bipolar** - FET
 - b. Comutatorul **SW4** cu două poziții:
pe poziția **NPN** – PNP
 - c. Comutatorul **SW1** cu 12 poziții:
Curent de bază pe poziția **1 μ A**
 - d. Comutator **SW2** cu 3 poziții:
Curent colector **1mA/div**,
 - e. Reglați butoanele osciloscopului astfel:
 - CH1** canal X (orizontal) 1 V/div
 - CH2** canal Y (vertical) 0,1 V/div.

Situații

- Dacă cele șapte curbe sunt depărtate una de cealaltă încât ies din ecran, butonul **CH2**, cel al amplificării verticale, poate fi mutat în poziția 0,2 V/div. În aceste condiții trebuie să reducăți sensibilitatea verticală a curentului colector, prin urmare, dacă selectați butonul curent al trasatorului de curbe pe **1mA/div**, fiecare pătrat vertical (partea stângă) corespunde:

2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 mA.

Se efectuează un test cu tranzistorul NPN tip BC547 sau echivalentul său BC237-BC173.

Porniți trasatorul de curbe și observați dacă curbele sunt atât de apropiate încât sunt ilizibile, așa cum se arată în Figura 8:

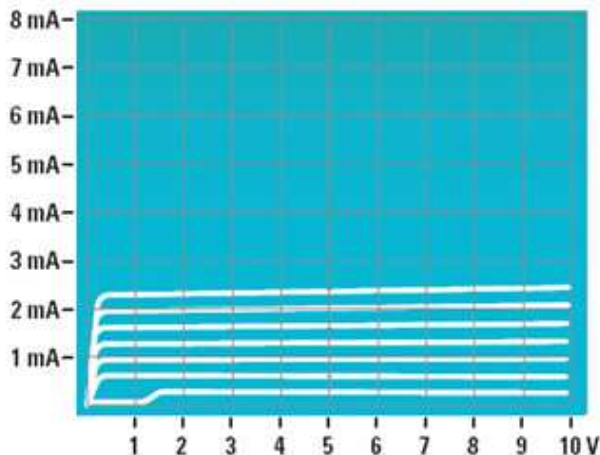


Figura 8 - Pentru testarea tranzistoarelor de foarte mică putere, setați butonul curent colector la 1 mA/div și butonul curent de bază la 1 μ A

Butonul CH2 (intrarea Y) a osciloscopului pe 0,1 V/div. Dacă curbele sunt prea strânse, treceți la valoarea următoare.

- Dacă cele șapte curbe sunt atât de apropiate încât nu sunt suficient de vizibile, se comută butonul **CH2** la **50 mV/div**: În aceste condiții, trebuie să măriți sensibilitatea verticală a curentului colector și, prin urmare, dacă lăsați butonul curent al curentului plotterului la **1 mA / div**, fiecare pătrat vertical (partea stângă) corespunde:

0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4,0 mA.

Pentru a le depărta, pur și simplu mutați butonul Curent de bază de la 1 μ A la o valoare mai mare, 5 μ A de exemplu. În aceste condiții, veți vedea cele șapte curbe ieșind de pe ecran, așa cum se arată în Figura 9 :

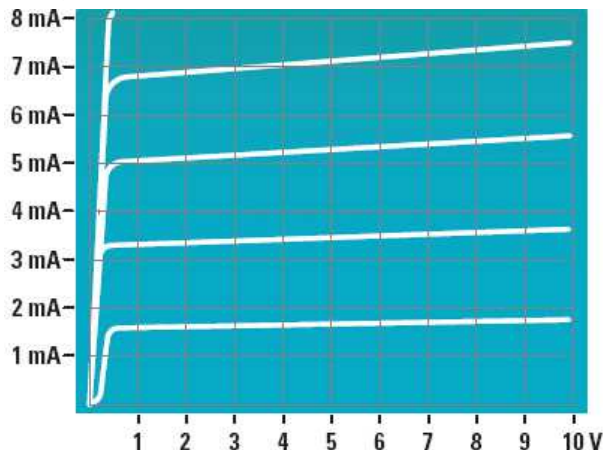


Figura 9 - Dacă prin deplasarea butonului de curent de bază de la 1 la 5 μ A vedeți că cele șapte curbe ies din ecran, reduceți amplificarea verticală a intrării Y a CH2. Acest lucru se poate întâmpla pentru atât pentru un tranzistor NPN cât și pentru PNP.

Amplificarea intrării Y a CH2 se scade de la 0,1 V/div la 0,2 V/div, așa cum se arată în Figura 10 :

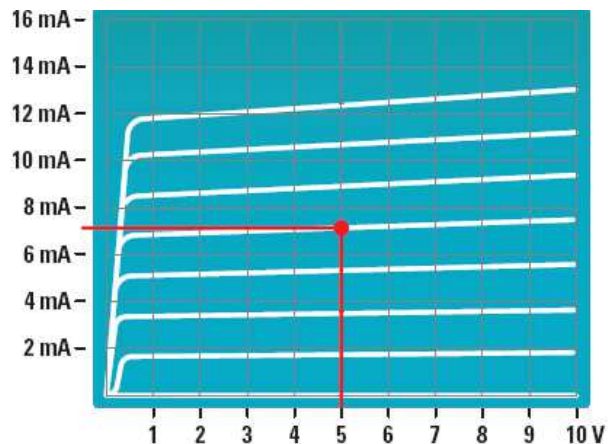


Figura 10 - Prin deplasarea butonului CH2 al intrării Y de la 0,1 la 0,2 V/div, cele șapte curbe se încadrează complet în ecran. Fiecare pătrat vertical al curentului colectorului corespunde apoi cu 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 mA.

Astfel cele șapte curbe vor fi distribuite uniform pe ecran, cu specificația că prin comutarea butonului curentului de bază la 5μA, fiecare curba va corespunde la următoarele valori curente:

- Curba 1** - baza este excitată cu 5 μA
- Curba 2** - baza este excitată cu 10 μA
- Curba 3** - baza este excitată cu 15 μA
- Curba 4** - baza este excitată cu 20 μA
- Curba 5** - baza este excitată cu 25 μA

- Curba 6** - baza este excitată cu 30 μA
- Curba 7** - baza este excitată cu 35 μA

În final, dacă butonul curent colector al trasatorului de curbe este pe 1mA/div și dacă butonul CH2 al intrării osciloscopului Y este pe 0,2 V/div, așa cum se arată în Figura 10, pentru fiecare pătrat vertical, avem aceste valori curente pe colectorul:

2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 mA.

Pe axa orizontală X a graficului, puteți găsi valoarea tensiunii colectorului V_{ce} iar pe axa Y verticală, valoarea curentului I_c al colectorului.

Cele șapte curbe care apar pe grafic corespund diferitelor valori ale curentului de bază I_b , așa cum sunt descrise în Figura 11 :

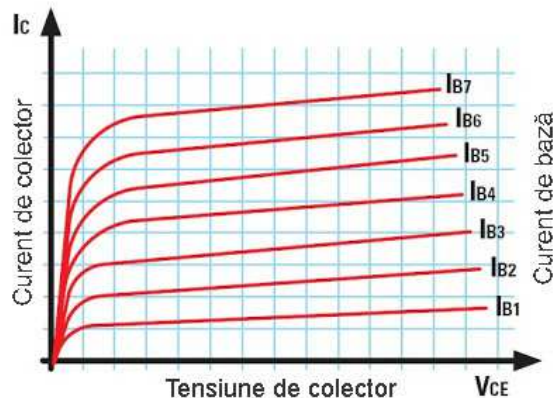


Figura 11

Exemplul 2

Testarea tranzistoarelor NPN de medie putere

- Se conectează terminalele EBC ale tranzistorului la bornele conectorului J1 ale trasatorului de curbe;

- Setați toate comutatoarele după cum urmează:

a. Comutatorul **SW3** cu două poziții
pe poziția **Tranzistor bipolar** - FET

b. Comutatorul **SW4** cu două poziții
pe poziția **NPN** – PNP

c. Comutatorul **SW1** cu 12 poziții
Curent de bază pe poziția **10 μ A**

d. Comutatorul **SW2** cu 3 poziții
Curent colector **10mA/div**,

e. Ca și în cazul testării tranzistoarelor cu putere mică, reglați butoanele osciloscopului astfel:

CH1 canal X (orizontal) 1 V/div

CH2 canal Y (vertical) 0,1 V/div.

Aceste două comenzi ale osciloscopului rămân astfel stabilite, cu excepția canalului Y, adică CH2 pe care, uneori, trebuie să îl puneți în poziția 0,2 V/div pentru a se încadra cu toate curbele de pe ecran.

Dacă setăm curentul de colector cu comutatorul trasatorului de curbe la 10 mA/div și butonul CH2 al osciloscopului pe intrarea Y la 0,1 V/div, fiecare pătrat vertical corespunde acestor valori curente:

10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 mA.

Alegem orice tranzistor de putere medie, conectăm picioarele EBC la intrarea trasatorului de curbe și îl pornim.

Dacă cele șapte curbe apar pe ecran foarte comprimate, pentru a le face mai lizibile, acestea trebuie distanțate prin

creșterea curentului de bază de la 1 la 10 μ A, așa cum se arată în Figura 12 :

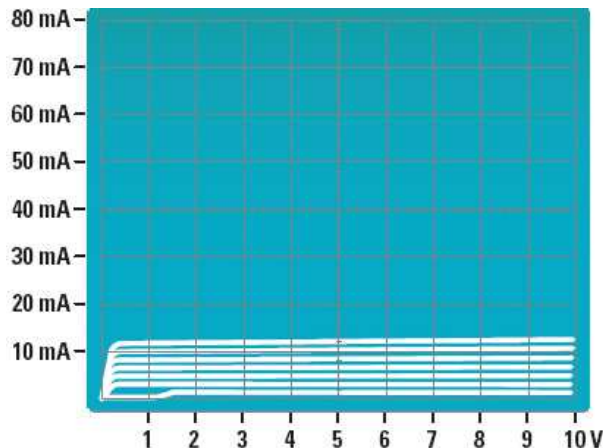


Figura 12 - Pentru a testa tranzistoarele de putere medie, trebuie să setați butonul curent colector la 10 mA/div și butonul curent de bază la 10 μ A, în cele din urmă trebuie să setați butonul CH2 (intrarea Y) a osciloscopului la 0,1 V/div. Dacă curbele sunt prea strânse, creșteți curentul de bază.

Dacă nici așa nu sunt încă suficient de distanțate, dar sunt totuși utilizabile, putem corecta cu un curent de bază de 20 μ A, așa cum se arată în Figura 13 :

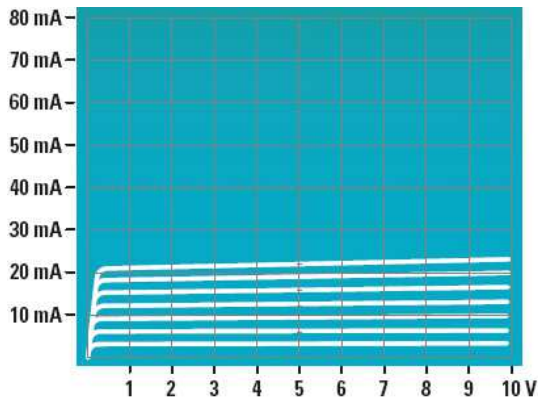


Figura 13 - Dacă cele șapte curbe nu sunt încă perfect lizibile pentru curentul de bază de 10 sau 20 μA , puteți crește curentul de bază sau puteți crește sensibilitatea intrării Y, CH2, la valoarea 0,1 V/div până la 50 mV/div.

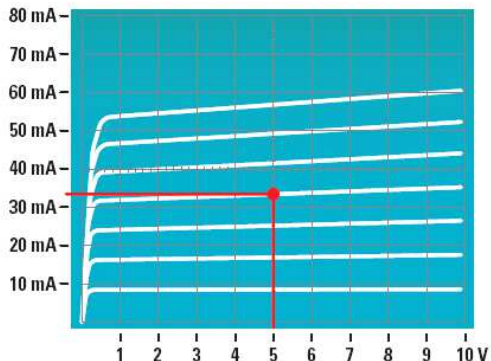


Figura 14 - Dacă cele șapte curbe sunt corect distanțate, la un curent de bază de 20 la 50 μA , cu butonul curent colector

la 10 mA/div, fiecare pătrat vertical corespunde la un curent colector de 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 mA.

Pentru o citire perfectă, curbele ar trebui să fie evidente la 50 μA , așa cum se arată în Figura 14.

Cele șapte curbe vor fi distribuite uniform pe ecran, cu specificația că prin comutarea butonului curentului de bază la 50 μA , fiecare curbă va corespunde la următoarele valori:

Curba 1 - baza este excitată cu 50 μA

Curba 2 - baza este excitată cu 100 μA

Curba 3 - baza este excitată cu 150 μA

Curba 4 - baza este excitată cu 200 μA

Curba 5 - baza este excitată cu 250 μA

Curba 6 - baza este excitată cu 300 μA

Curba 7 - baza este excitată cu 350 μA

Pornind de la acest grafic, dacă luați ca referință orizontală tensiunea de 5V de pe colector, adică jumătate din tensiunea V_{cc} de 10V și dacă treceți o linie verticală care intersectează a patra curbă, corespunzătoare unui curent de bază de 200 mA iar din acel punct de intersecție la stânga pe linia orizontală, veți citi pe axa Y valoarea corespunzătoare a curentului colectorului de aproximativ 30 mA.

Exemplul 3

Testarea tranzistoarelor NPN de putere

- Se conectează terminalele EBC ale tranzistorului la bornele conectorului J1 ale trasatorului de curbe, la fel ca și pentru celelalte tipuri de tranzistori;
- Setați toate comutatoarele după cum urmează:

- a. Comutatorul **SW3** cu două poziții
pe poziția **Tranzistor bipolar** - FET
- b. Comutatorul **SW4** cu două poziții
pe poziția **NPN** – PNP
- c. Comutatorul **SW1** cu 12 poziții
Curent de bază pe poziția **50 μA**
- d. Comutator **SW2** cu 3 poziții
Curent colector **100mA/div**,
- d. Ca și în cazul testării tranzistoarelor cu putere mică, reglați butoanele osciloscopului astfel:
 - CH1** canal X (orizontal) 1 V/div
 - CH2** canal Y (vertical) 0,1 V/div.

Aceste două comenzi ale osciloscopului rămân astfel stabilite, cu excepția canalului Y, adică CH2 pe care, uneori, trebuie să îl puneți în poziția 0,2 V/div pentru a se încadra cu toate curbele de pe ecran.

Dacă setăm curentul de colector cu comutatorul trasatorului de curbe la 100 mA/div și butonul CH2 al osciloscopului pe intrarea Y la 0,1 V/div, fiecare pătrat vertical corespunde acestor valori curente:

100 - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 mA.

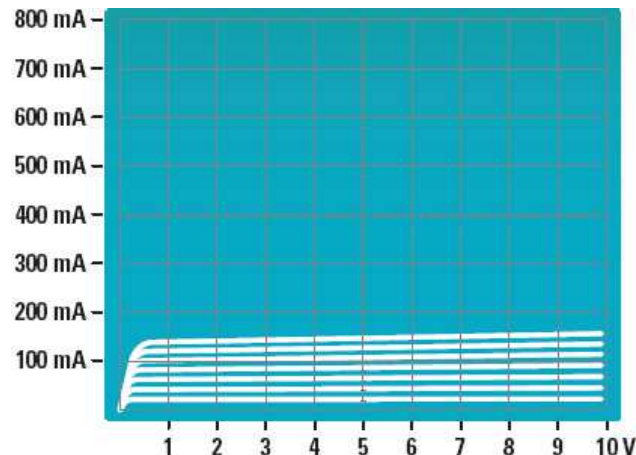


Figura 15 - Pentru a testa tranzistoarele de mare putere, trebuie să setați butonul curent colector la 100 m /div și comutatorul **SW1** curent de bază la 50 μA , iar apoi trebuie comutați butonul CH2 (intrarea Y) al osciloscopului pe 0,1 V/div. Dacă curbele sunt prea strânse, creșteți curentul de bază.

Astfel cele șapte curbe vor fi distribuite uniform pe ecran, cu specificația că prin comutarea butonului curentului de bază la 200 μA , așa cum se arată în Figura 16 :

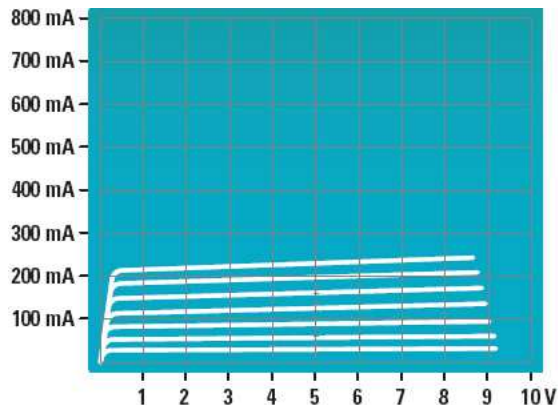


Figura 16 – Dacă cele 7 curbe nu sunt foarte lizibile pentru un curent de bază de la 50 la 100 μA , creșteți curentul de bază sau creșteți sensibilitatea intrării Y a CH2, la 50 mV/div.

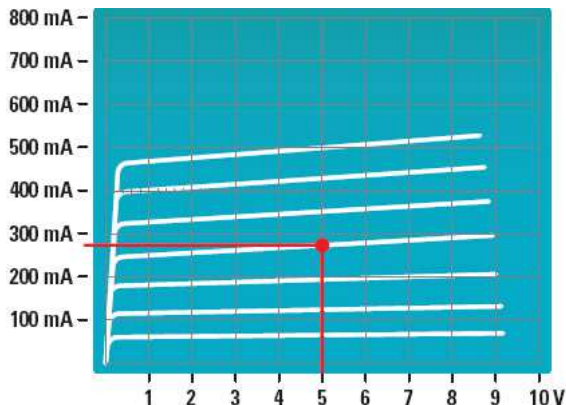


Figura 17 - Dacă cele șapte curbe sunt corect distanțate pentru un curent de bază de 100- 200 μA , la un curent de

colector de 100 mA / div, fiecare pătrat vertical corespunde unui curent de colector de 100 - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 mA.

Pentru o citire perfectă ar trebui să crească curentul de bază până la 200 μA , așa cum se arată în Figura 17. Cele șapte curbe vor fi distribuite uniform pe ecran, cu comutatorul SW1 poziționat pentru un curent de bază pe 200 μA , fiecare curbă va corespunde următoarelor valori de curent:

- Curba 1 - baza este excitată cu 200 μA**
- Curba 2 - baza este excitată cu 400 μA**
- Curba 3 - baza este excitată cu 600 μA**
- Curba 4 - baza este excitată cu 800 μA**
- Curba 5 - baza este excitată cu 1,0 mA**
- Curba 6 - baza este excitată cu 1,2 mA**
- Curba 7 - baza este excitată cu 1,4 mA**

Pornind de la acest grafic, dacă luați ca referință orizontală tensiunea de 5V de pe colector, adică jumătate din tensiunea V_{cc} de 10V și dacă treceți o linie verticală care intersectează a patra curbă, corespunzătoare unui curent de bază de 800 mA iar din acel punct de intersecție la stânga pe linia orizontală, veți citi pe axa Y valoarea corespunzătoare a curentului colectorului de aproximativ 300 mA.

II. Testarea tranzistoarelor FET și MOSFET

În această etapă, vom învăța cum să vizualizăm curbele caracteristice ale unui **FET** (Field Effect Transistor) și **MOSFET** (Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor) de mică putere și să determinăm câștigul.

Înainte de a intra în detalii, să precizăm că FET este reprezentat în diagramele electrice prin simbolurile date în figurile 17 și 18.

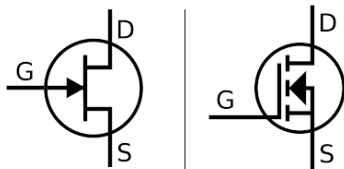


Figura 17 - Simbolul grafic al unui tranzistor FET și MOSFET cu canal N (săgeata poartă indică spre interior).

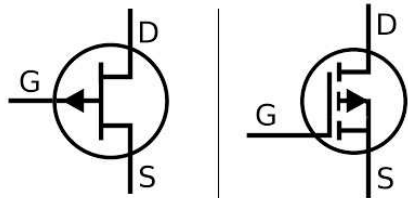


Figura 18 - Simbolul grafic al unui tranzistor FET și MOSFET cu canal P (săgeata porții indică spre exterior)

- FET și cele trei terminale ale sale D (drenă) - S (sursă) - G (poartă)
- La fel cum tranzistoarele se disting în NPN și PNP, FET-urile sunt cu „canal N” sau cu „canal P”.
- Tranzistorul FET cu canal N (figura 17) are poarta (săgeata) orientată spre interior și cel cu canal P (figura 18) spre exterior.
- Drena tranzistorului cu canal N este întotdeauna alimentată la o tensiune pozitivă, iar cea a tranzistorului cu canal P este alimentat la o tensiune negativă.

Tranzistoarele FET amplifică în tensiune

Dacă tranzistoarele bipolare amplifică semnalul aplicat pe baza lor în curent, FET-urile amplifică semnalul aplicat pe poarta lor în tensiune. Deci, pentru a controla un tranzistor cu un trasator de curbe este necesar să aplicăm o rampă de curent pozitiv în creștere pe baza sa (a se vedea figura 19),

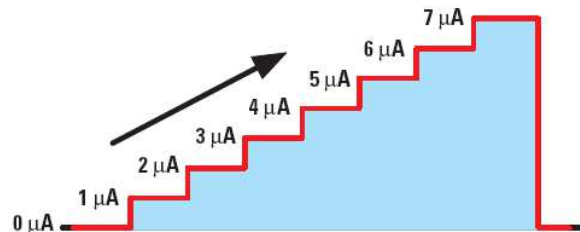


Figura 19 - Pentru a testa tranzistoarele bipolare, trasatorul de curbe aplică la baza lor o rampă de curent de polaritate pozitivă compusă din opt trepte de scară (0 inclus).

însă pentru a controla un tranzistor FET trebuie să aplicăm o rampă de tensiune negativă descrescătoare pe poarta sa (a se vedea figura 20).

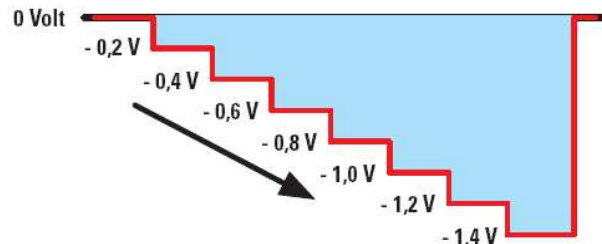


Figura 20 - Pentru a testa FET-urile, trasatorul de curbe aplică porții o rampă de tensiune de polaritate negativă formată din opt trepte de scară (0 inclus).

Important:

- dacă aplicăm o rampă în opt trepte tranzistorilor, deoarece prima urmă marcată cu 0 este în partea de jos (a se vedea figura 21), nu o luăm în considerare și numărăm doar șapte curbe.

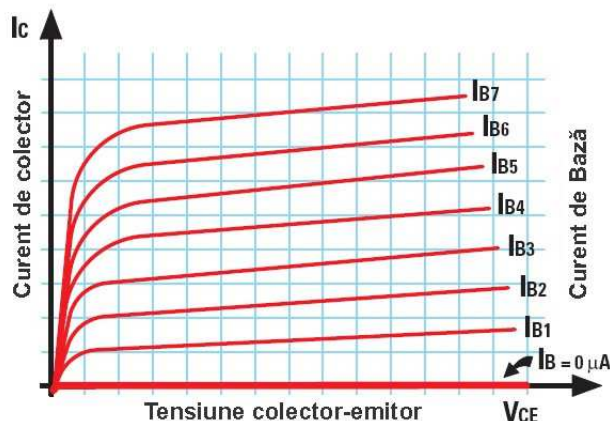


Figura 21 - La tranzistoarele bipolare, prima curbă I_{b0} a curentului de bază este în partea de jos și ultima I_{b7} în partea de sus.

- pentru FET-uri aplicăm o rampă în opt trepte, dar din moment ce referința la prima curbă 0 V este sus, tensiunea este negativă, trebuie să numărăm cele opt curbe de sus în jos (vezi Figura 22),..

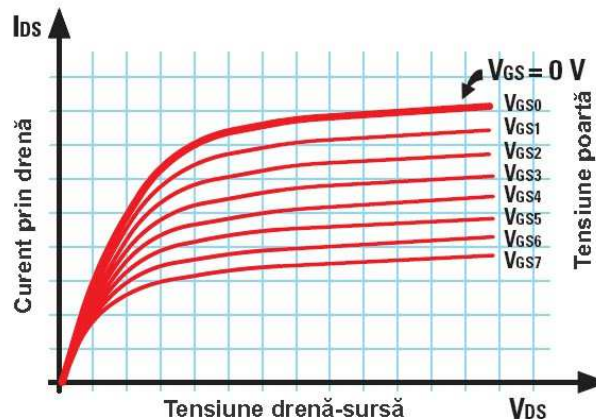


Figura 22 - La tranzistoarele FET, prima curbă V_{gs0} a tensiunii negative a porții este în partea de sus și ultima curbă V_{gs7} este în partea de jos.

Pentru a obține această rampă negativă, este necesar doar să poziționați

- Comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția **Tranzistor bipolar - FET**
- Comutatorul **SW4** cu două poziții pe poziția **NPN - PNP**

Această setare transformă o rampă de curent de polaritate pozitivă într-o rampă de tensiune de polaritate negativă.

Curentul de bază și tensiunea porții

Așa cum am observat deja, trasatorul de curbe dispune de un comutator **SW1** folosit pentru a alege curentul care trebuie

aplicat pe baza unui tranzistor bipolar, dar niciun comutator nu permite alegerea tensiunii negative care trebuie aplicată poarta unui FET. Prin urmare, vom folosi comutatorul **SW1** pentru curentul de bază pentru a obține tensiunea care trebuie aplicată la poarta FET.

În tabelul de mai jos sunt evidențiate valorile de conversie de la μA la V.

Curent de bază	Tensiune negativă pe poarta FET
1 μA	0,01 V
5 μA	0,05 V
10 μA	0,10 V
20 μA	0,20 V
50 μA	0,50 V
100 μA	1,00 V
200 μA	2,00 V

Valorile din acest tabel nu depășesc 200 μA ce corespund unei tensiuni de poartă de 2 V, deoarece nu vom folosi niciodată astfel de tensiuni ridicate.

La testarea FET-urilor, comutatorul curentului de bază transmite tensiunile corespunzătoare prezentate pe poarta FET-ului conform valorilor din tabel.

Exemplul 4

Testarea tranzistoarelor FET

Se conectarea ieșirile BNC ale trasatorului de curbe la osciloscop,

- Setați toate comutatoarele după cum urmează:

- Comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția *Tranzistor bipolar - FET*
- Comutatorul **SW4** cu două poziții pe poziția **NPN** – PNP
- Comutatorul **SW1** cu 12 poziții
Curent de bază pe poziția **20 μA = 0,20 V**
- Comutatorul **SW2** cu 3 poziții
Curent colector **1mA/div**,
- Ca și în cazul testării tranzistoarelor bipolare, reglați butoanele osciloscopului astfel:
CH1 canal X (orizontal) 1 V/div
CH2 canal Y (vertical) 0,2 V/div.

Cu comutatorul curent de colector setat la 1 mA/div și comutatorul CH2 al osciloscopului pentru canalul Y la 0,2 V/div, curentul drenă-sursă I_D și vizualizat pe ecranul osciloscopului pe verticală, ia următoarele valori:

2-4-6-8-10-12-14-16 mA

Când trasatorul de curbe și osciloscopul sunt setate, conectați FET-ul care urmează să fie testat:

- **terminalul D este conectat la soclul de test la pinul C**
- **terminalul S este conectat la soclul de test la pinul E**
- **terminalul G este conectat la soclul de test la pinul B**

Dacă doriți să testați alte tipuri de FET-uri, amintiți-vă că dispunerea DSG a picioarelor diferă de la tip la tip.

Când terminalele FET-ului sunt conectate la conectorul de testare, trasatorul de curbe este pornit, cele opt curbe apar pe ecran (vezi figura 23) care sunt destul de diferite de cele ale unui tranzistor bipolar:

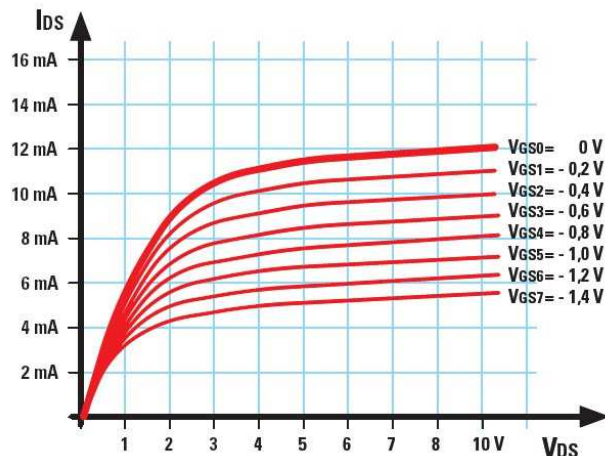


Figura 23 - Opt curbe reprezentate pentru tensiune negativă prezentă pe poartă. Pe axa verticală I_{ds} este reprezentat curentul drenă iar pe axa orizontală tensiunea drenă-sursă V_{ds} .

Prima curbă pentru tranzistoare FET începe de sus

Ne amintim că la testarea tranzistoarelor bipolare am obținut opt curbe corespunzătoare curenților de bază și că prima din partea inferioară 0, care corespundea unui curent de bază de 0 μA , a fost eliminat din desene.

La tranzistoarele FET se schimbă totul deoarece prima curbă, corespunzătoare unei tensiuni a porții de 0V, este în partea de sus așa cum se observă în figura 23. Prima curbă din partea de sus este pentru noi V_{gs0} , apoi urmărești celelalte

curbe V_{gs1} , V_{gs2} , V_{gs3} , V_{gs4} , V_{gs5} , V_{gs6} și V_{gs7} , ultima din partea de jos.

Deoarece FET-urile au specificații mai puțin cunoscute decât tranzistoarele, le explicăm mai jos:

V_{gs} = înseamnă tensiunea poartă-sursă și indică tensiunea de polarizare aplicată porții pentru ca aceasta să poată fi condusă.

V_{ds} = înseamnă tensiune drenă-sursă și indică tensiunea aplicată între drenă și sursă.

I_{ds} = înseamnă curent între drenă și sursă în mA.

V_{cc} = indică tensiunea utilizată pentru alimentarea circuitului. Dacă comutăm butonul de curent de bază la 20 μA , fiecare curbă, de sus în jos, va avea următoarele tensiuni negative (a se vedea figura 13):

Curba 1 - 0,0 V

Curba 2 - 0,2 V

Curba 3 - 0,4 V

Curba 4 - 0,6 V

Curba 5 - 0,8 V

Curba 6 - 1,0 V

Curba 7 - 1,2 V

Curba 7 - 1,4 V

Dacă setăm butonul CH2 al canalului Y de pe osciloscop la 0,2 V/div, curbele axei verticale corespund următoarelor curenți de drenă:

2-4-6-8-10-12-14-16 mA

Dacă la testarea unui FET obținem curbe prea strânse, așa cum se arată în Figura 24:

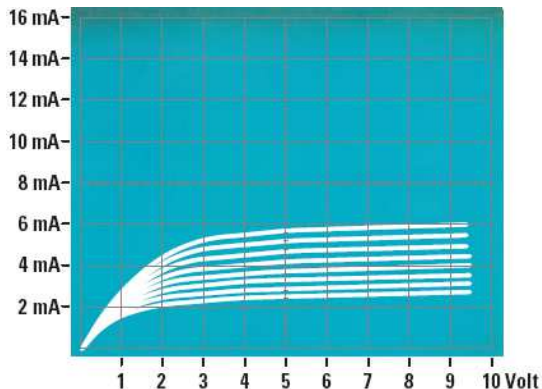


Figura 24 - Comutatorul curentului de bază pe $20\mu A$ corespunde unei tensiuni a porții de $0,2V$ și comutatorul CH2 al osciloscopului pe $0,2V/div$, curbele de pe ecran ar putea fi foarte apropiate.

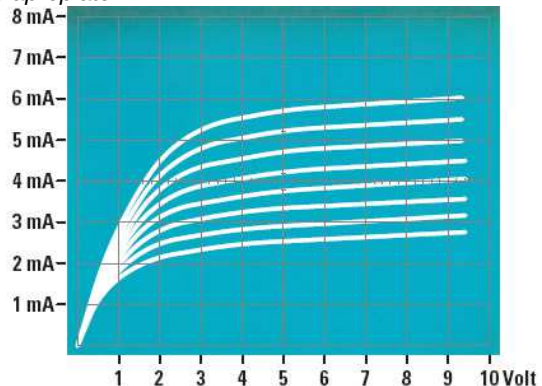


Figura 25 – Dacă butonul CH2 al osciloscopului este pe poziția $0,1V/div$, puteți vedea curbele distanțate. Dacă sunt

încă prea apropiate, comutăm la o valoare mai mică. Când schimbăm densibilitatea cu butonul CH2, schimbăm și distanțele curente pe axa verticală. Comparați curentul din figura 25 cu cel din figura 26.

Dacă sunt dificil de citit, le putem spaționa setând butonul CH2 al canalului Y la $0,1V/div$, așa cum se arată în Figura 25. În acest caz curenții de drenă cititi pe axa verticală vor fi:

1-2-3-4-5-6-7-8 mA

Dacă curbele nu sunt încă suficient de distanțate, setați butonul CH2 al canalului Y la $50 mV/div$, a se vedea figura 17.

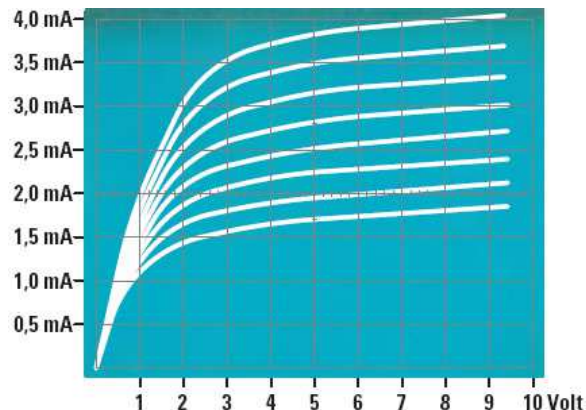


Figura 26 - Dacă comutăm butonul CH2 la $50 mV/div$, curbele sunt mai spațiate. Dacă alegeți această variantă, curentul de drenă pe axa verticală stângă are o valoare de $0,5 mA$ pe pătrat, prin urmare, avem ca rezultat $0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5-4,0 mA$.

În acest caz, curenții de drenă vor fi:

0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5-4,0 mA

Pentru a distanța sau a aduce împreună cele opt curbe, este suficient să acționăm asupra butonului CH2 al canalului Y.

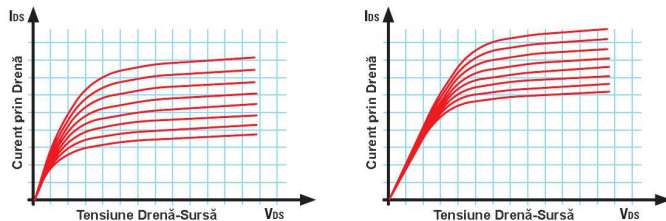


Figura 27 - Fără a roti butonul CH2 al osciloscopului, puteți vedea cu ușurință modul în care formele de undă variază testând mai multe FET-uri diferite. Dacă testați două FET identice, cel cu cel mai extins grafic ascendent are un câștig mai bun.

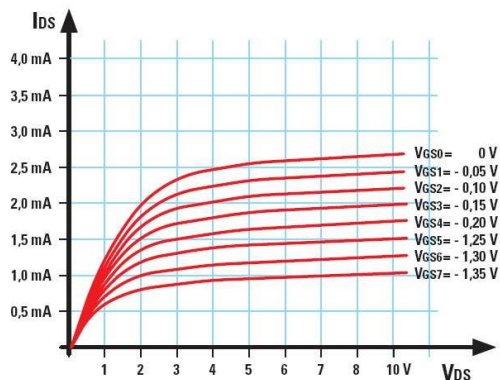


Figura 28 – Pe ecran se observă cele opt curbe. Dacă sunt prea apropiate, comutați butonul CH2 la 20 mV/div.

Diferența dintre două FET-uri

Veți putea compara acum curbele diferitelor FET-uri. Lăsați butonul osciloscopului și butonul plotterului de curbe în aceeași poziție și introduceți succesiv diferite tipuri de FET-uri în conector: cel ale cărui curbe se extind cel mai sus va avea cel mai mare câștig, așa cum se observă.

Important

Este incorect ca să se vorbească despre câștig la un FET deoarece, spre deosebire de un tranzistor, nu avem o relație numerică între curentul colector și curentul de bază, totuși folosim acest termen prin analogie.

Valoarea Y_{fs} sau valoarea transconductanței în milisiemens poate fi găsită numai dacă aveți fișa de catalog cu caracteristicile tranzistorului FET.

Dacă inversăm terminalele drenă și sursă

Dacă testați diferite FET-uri, veți găsi câteva pentru care, inversând terminalul drena cu cel de sursă, cele două grafice vor fi aceleași și, prin urmare, nu veți putea determina care picior este sursa și care este drena.

Dacă montați aceste FET bidirecționale într-un circuit, este posibil să inversați drena cu sursa: operația va fi, în ambele cazuri, identică.

Așadar, un trasator de curbe poate distinge un FET normal de un FET bidirecțional.

Exemplul 5

Testarea tranzistoarelor MOSFET

Acestea sunt similare cu FET-urile, cu excepția faptului că au o poartă dublă

Trasatorul de curbe vă permite să verificați dacă tranzistoarele MOSFET funcționează și, dacă testăm două diferite, să stabiliți, prin comparație, care are cel mai mare câștig.

Pentru a testa aceste MOSFET-uri, este necesar să:

- Conectați împreună cele două porți G1 și G2, așa cum se arată în Figura 29:

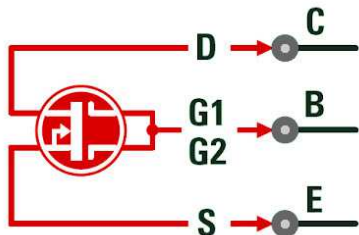


Figura 29 - Pentru a trasa curbele pentru un tranzistor MOSFET, conectați cele două porți G1 și G2 împreună și aplicați-le la conectorul de test al trasatorului de curbe.

- Setati toate comutatoarele după cum urmează:

- Comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția **Tranzistor bipolar - FET**
- Comutatorul **SW4** cu două poziții pe poziția **NPN – PNP**
- Comutatorul **SW1** cu 12 poziții
Curent de bază pe poziția **5 μ A = 0,05 V**
- Comutator **SW2** cu 3 poziții
Curent colector **1mA/div**,

e. Ca și în cazul testării tranzistoarelor cu putere mică, reglați butoanele osciloscopului astfel:

CH1 canal X (orizontal) 1 V/div
CH2 canal Y (vertical) 50 mV/div.

Pentru un curent de colector setat pe 1 mA/div și cel al CH2 pe 50 mV/div, curbele ID ale curentului de sursă trasate pe verticală au următoarele valori:

0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0-3,5-4,0 mA

II. Testarea tiristorilor și triacelor

Vizualizarea caracteristicilor unui triac și ale unui tiristor - procedură pentru a determina sensibilitatea declanșării lor.

Tiristoarele



Figura 30 – Principalele tipuri de capsule ale tiristoarelor. Tipurile de capsule amintesc de cele ale tranzistoarelor de mică, medie și mare putere.



Figura 31 - Tiristoarele Simbolul arată că tiristorul este o diodă A și K la care a fost asociată a treia ieșire, grila sau poarta. Triacul este figurat ca două diode cuplate în paralel și în opoziție cu terminalele A1, A2 la care a fost asociată a treia ieșire, grila sau poarta sau echivalent cu două tiristoare legate în paralel și în opoziție.

Cele trei ieșiri A, K și G sunt conectate astfel:

A = Anod, se conectează la sarcină

K = Catod, se conectează la masă

G = Grilă (Poartă), pin de comandă

Triacul (TRIAC = **TRI**ode **Al**ternating **C**urrent)

Cele trei ieșiri A2, A1 și G sunt conectate astfel:

A2 = Anod 2, se conectează la sarcină

A1 = Anod 1, se conectează la masă

G = Grilă (Poartă), pin de comandă

Terminalele tiristoarelor și ale triacelor sunt conectate la trasatorul de curbe astfel:

Tiristoarele

A = pe C

K = pe E

G = pe B

Triacele

A2 = pe C

A1 = pe E

G = pe B

Tiristoarele pot fi alimentate cu tensiune continuă sau tensiune alternativă.

Pentru a realiza conducția între anod și catod, este necesar să se aplice o tensiune de comandă asupra grilei.

Dacă tensiunea aplicată porții nu generează un curent suficient pentru a-l deschide, tiristorul nu conduce: acest curent de comandă este indicat în tabelele de caracteristici drept curent „declanșare”.

Veți verifica acest lucru testând diferite tipuri de tiristoare, cele care sunt foarte sensibile se deschid cu curenți de declanșare mici și cei care sunt mai puțin sensibili cu curenți mai mari. Prin intermediul trasatorului de curbe, nu este posibil să se cunoască curentul maxim de lucru și nici tensiunea maximă aplicabilă A și K a unui tiristor, acești parametri sunt dați de producător în fișa produsului (datasheet).

Dacă aplicăm o tensiune de comandă pe poarta unui tiristor într-un circuit alimentat cu o tensiune continuă și oprim tensiunea de comandă după inițierea conducției, conducția continuă.

Dacă, tiristorul este într-un circuit alimentat la o tensiune alternativă, tiristorul se blochează automat de fiecare dată când tensiunea alternativă trece prin zero, adică atunci când schimbă polaritatea pe A și K.

Exemplul 6

Testarea tiristoarelor

Pentru a testa un tiristor de orice tip, trebuie să setăm comenzile pentru trasarea curbei, ca și în cazul tranzistoarelor bipolare, astfel:

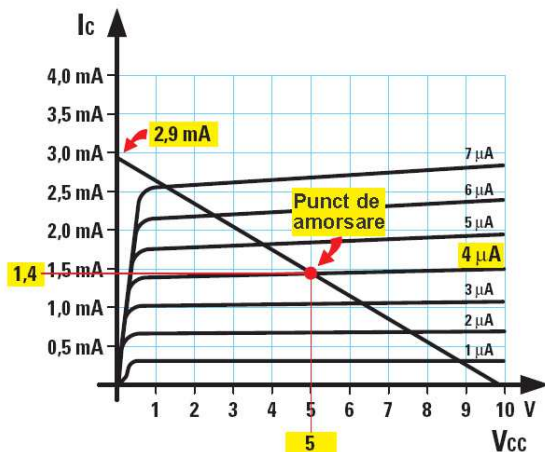


Figura 32 - Pentru testarea oricărui tip de tiristor sau triac, trebuie să poziționăm comutatorul SW3 pe poziția **Tranzistor bipolar** și comutatorul SW4 pe poziția **NPN**.

- Comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția **Tranzistor bipolar** - FET
- Comutatorul **SW4** cu două poziții pe poziția **NPN** – PNP
- Comutatorul SW1 cu 12 poziții
Curent de bază pe poziția **100 μA**
- Comutator **SW2** cu 3 poziții
Curent colector **100mA/div**,
- Ca și în cazul testării tranzistoarelor bipolare, reglați butoanele osciloscopului astfel:

CH1 canal X (orizontal) 1 V/div

CH2 canal Y (vertical) 0,5 mV/div.

Mufa Y de ieșire a trasatorului de curbe este conectată la intrarea Y a osciloscopului și iar mufa X de ieșire a

trasatorului de curbe la intrarea X a osciloscopului.

Odată setat trasatorul de curbe și osciloscopul, trebuie să conectăm terminalele A și K la pinii de test ai trasatorului de curbe:

- A se conectează la pinul C (colector) al trasatorului de curbe,
- K se conectează la pinul E (emitor) al trasatorului de curbe, Deoarece nu am conectat G (poarta) la pinul B (bază), pe ecran nu trebuie să apară nicio curbă. Dacă totuși apare o curbă verticală, fără ca poarta G să fie comandată, înseamnă că tiristorul este în scurtcircuit.
- Se conectează G la pinul B (bază) al trasatorului de curbe. Foarte probabil să nu apară nici o curbă pe ecranul osciloscopului.

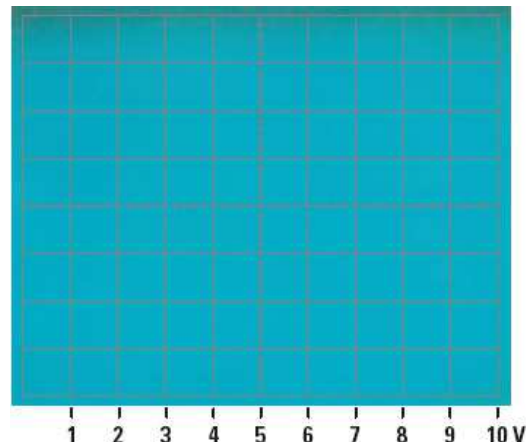


Figura 33 - Pentru determinarea sensibilității de declanșare a unui tiristor sau a unui triac cu ajutorul trasatorului de curbe, după conectarea la pinii de test, poziționăm comutatorul de

curent de bază pe 100 μA și apoi comutăm la valori mai mari până când apare o pantă verticală foarte abruptă.

Deoarece am început testarea cu un curent de declanșare de 100 μA , care este destul de scăzut pentru un tiristor, putem crește acest curent la 2 până la 500 μA și putem continua spre 1 - 5 - 10 mA până când vedem că apare pe ecran o curbă verticală. Pentru aceasta este necesar să rotim butonul comutatorului curentului de bază, ce este aplicat porții.

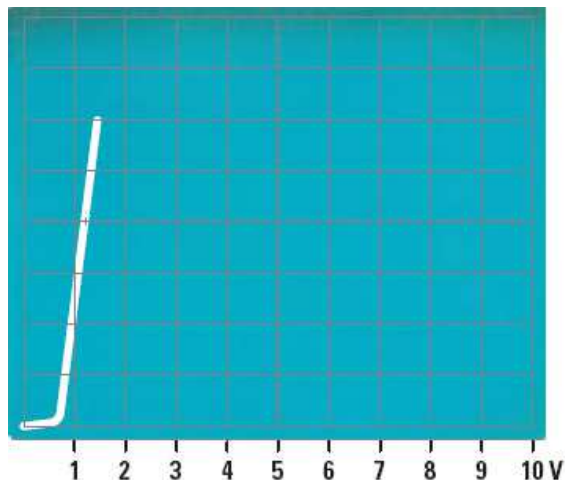


Figura 34 - Curentul porții a deschis tiristorul. Această linie verticală atinge o înălțime de șase pătrate pentru orice tip de tiristor. Există tiristoare foarte sensibile care se comandă cu un curent de câțiva mA și altele mai puțin sensibile care necesită un curent de 10 sau 20 mA.

- În conducție, tiristorul se comportă ca o diodă simplă, lăsând curentul să treacă într-o singură direcție, de la A (+) la K (-).
- Dacă inversăm polaritatea tensiunii prin mutarea comutatorului SW4 cu două poziții pe poziția **PNP**, tiristorul nu mai conduce și linia verticală dispare.
- Prin setarea comutatorului SW3 cu două poziții pe poziția **FET**, tiristorul nu poate fi comandat deoarece trebuie aplicată o tensiune pozitivă pe terminalul G.

Triacele - TRIode Alternating Current - pot fi comandate indiferent dacă tensiunea la care sunt conectate este continuă sau alternativă.

Pentru a face ca prin cei doi anodi A1 și A2 să circule curent, adică tricul să intre în conducție, este suficient să aplicăm o tensiune pozitivă, negativă sau alternativă pe poartă, pinul G. Dacă tensiunea aplicată pe poartă nu atinge un nivel suficient pentru a-l deschide, triacul nu conduce.

Dacă un triac conectat într-un circuit alimentat cu tensiune continuă, odată ce a fost deschis, acesta continuă să conducă chiar dacă tăiem tensiunea de comandă pe poartă.

Dacă un triac conectat într-un circuit alimentat cu tensiune alternativă, se blochează automat de fiecare dată când tensiunea sinusoidală trece de zero, adică la fiecare schimbare de polaritate.

Exemplul 7

Testarea triacelor

Pentru a testa un triac de orice tip, trebuie mai întâi să setați comenzile trasatorului de curbe astfel:

- Comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția **Tranzistor bipolar** - FET
- Comutatorul **SW4** cu două poziții pe poziția **NPN** – PNP

c. Comutatorul SW1 cu 12 poziții

Curent de bază pe poziția **100 μ A**

d. Comutator **SW2** cu 3 poziții

Curent colector **100mA/div**,

e. Ca și în cazul testării tiristoarelor, reglați butoanele osciloscopului astfel:

CH1 canal X (orizontal) **1 V/div**

CH2 canal Y (vertical) **0,5 mV/div**.

După setarea trasatorului de curbe și a osciloscopului, conectăm terminalele A1 și A2 la pinii de test ai trasatorului de curbe:

Terminalul **A1** se conectează la conectorul de test pe pinul **E (emitor)**

Terminalul **A2** se conectează la conectorul de test pe pinul **C (colector)**

Atenție: La testare, anozii A1 și A2 pot fi inversați întrucât această componentă funcționează și în curent alternativ.

Deoarece nu am conectat G (poarta) la soclul B (bază), pe ecran nu apare nicio curbă deoarece triacul nu este comandat. (Figura 33).

Dacă apare curbă verticală, fără comanda pe poarta G, triacul este în scurtcircuit (Figura 34).

- Se conectează G la pinul B (bază) al trasatorului de curbe. Foarte posibil să nu apară nici o curbă pe ecranul osciloscopului.

- Rotim butonul comutatorului SW1 cu 12 poziții pentru curentul de bază (determinând curentul care trebuie aplicat porții) de poziția 100 μ A către valoarea 500 μ A și să continuăm la 1 - 5 mA sau mai mult până când apare o linie verticală pe ecran, ceea ce indică faptul că curentul de comandă a determinat deschiderea triacului.

- Această curbă verticală foarte abruptă atinge o înălțime de aproximativ șase pătrate pentru orice tip de triac. Ca și în

cazul tiristoarelor, există triace care se deschid cu un curent de comandă de câțiva mA, iar altele necesită un curent de 10 sau 20 mA.

- Dacă inversați polaritatea tensiunii de alimentare prin setarea comutatorului SW4 cu două poziții pe poziția **NPN** – **PNP**, triacul rămâne în conducție (curbă verticală pe ecran).

- Dacă setați comutatorul **SW3** cu două poziții pe poziția *Tranzistor bipolar* - **FET**, triacul se va deschide la fel, deoarece poarta triacului acceptă comanda atât cu tensiune pozitivă, cât și tensiune negativă.

Cum distingem un tiristor de un triac ?

Deoarece formele capsulelor unui tiristor sunt asemănătoare cu cele ale triacului, cum le distingem?

Conectăm componenta necunoscută la trasatorul de curbe și setăm comutatoarele la fel ca în procedura de testare a tiristoarelor. Mărim curentul de bază la conducție din comutatorul **SW1**, apoi comutăm SW4 NPN / PNP.

Dacă linia verticală dispare pe poziția PNP, înseamnă că componenta este un tiristor, dacă rămâne, este un triac.

IV. Fenomene în semiconductori

Fenomenul de străpungere în joncțiunea p-n

La tensiuni inverse mari aplicate unei joncțiuni p-n se constată experimental o creștere bruscă a curentului. O asemenea regiune se numește tensiune de străpungere iar tensiunea la care apare fenomenul se numește tensiune de străpungere și se notează cu V_s .

Există trei mecanisme de bază responsabile pentru străpungere:

- Instabilitatea termică. Străpungerea datorită instabilității termice apare în semiconductorii cu banda relativ îngustă

- **Multiplicarea în avalanșă a purtătorilor** Când purtătorii de sarcină sunt accelerați în regiunea de trecere de câmpul electric intens, purtătorii minoritari acumulează energii mari și în urma ciocnirilor cu atomii rețelei se generează perechi electron-gol care la rândul lor provoacă noi ionizări de impact. Apare astfel o creștere importantă a curentului invers prin joncțiune fapt care descrie fenomenul de străpungere electrică a joncțiunii. Aceasta este determinată de - atingerea unei valori critice a tensiunii inverse ridicate aplicate joncțiunii, care poate distruge echilibrul termic și poate crea o situație de dezechilibru.

- echilibrul termic depășit într-un semiconductor, când numărul de goluri și electroni se schimbă, și se creează electroni liberi și goluri. Procesul care creează și anihilează electronii și golurile se numește recombinare. Procesul de dispariție a unei perechi electron liber și un gol, prin ocuparea locului gol în legătura de valență de către un electron liber, însoțit de eliberare de energie termică, se numește proces de recombinare.

Defectele tranzistoarelor

Funcționarea anormală a unui circuit cu tranzistori bipolari, se datorează unui efect intern al unui tranzistor, sau defectării unui rezistor din circuitele de polarizare a tranzistoarelor.

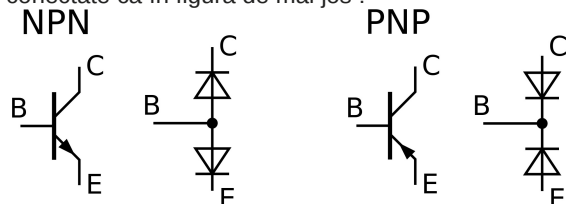
La tranzistor, un defect intern apare în cazul întreruperii unei joncțiuni sau străpungerii unei joncțiuni a tranzistorului (rezistența electrică a joncțiunii scade foarte mult).

Pentru depanarea defectului se măsoară tensiunile și curenții din circuit și în funcție de valorile acestora se poate localiza defectul respectiv.

Metodă de masurare

Pentru a afla dacă joncțiunile unui TB sunt întrerupte sau străpunse este măsurarea rezistențelor joncțiunilor cu un

multimetru digital. Vom considera structura TB ca un ansamblu de două diode conectate ca în figura de mai jos :



Joncțiunea (BE sau BC) este întreruptă dacă multimetrul indică rezistență foarte mare (sau infinită) în ambele sensuri de măsurare.

Joncțiunea (BE sau BC) este străpunsă dacă multimetrul indică rezistență mică în ambele sensuri de măsurare.

Joncțiunea (BE sau BC) este scurtcircuitată dacă multimetrul indică rezistență foarte mică în ambele sensuri de măsurare.

Cum se comportă în circuit

Dacă s-a întrerupt joncțiunea BE, tranzistorul se blochează, iar tensiunile sunt:

Dacă s-a scurtcircuitat joncțiunea BE, tranzistorul se blochează, iar tensiunile sunt:

Dacă s-a întrerup joncțiunea BC, sau Colectorul, tranzistorul se blochează.

Dacă s-a **scurtcircuitat joncțiunea BC**, tranzistorul se comportă ca o diodă polarizată direct prin care circulă curent.

Dacă s-a **scurtcircuitat joncțiunea CE**, tranzistorul se comportă ca un conductor prin care circulă curent.

Concluzie

Trasatorul de curbe poate testa orice tip de dispozitiv semiconductor.

Cu puțină curiozitate, veți încerca să conectați componentele pe cele pe care le aveți la conectorul de intrare.

Ce urmează?

Ați finalizat călătoria prin lecturarea documentației platformei Epsicom.

Acum sunteți familiarizați cu funcționarea tranzistoarelor bipolare, FET, MOSFET, tiristoarelor, triacelor, cunoașteți deja câteva tipuri de semiconductoare și parametrii lor de funcționare.

Înțelegem mai bine rolul lor în funcționarea circuitelor. Ați aflat cum se manifestă în circuit, de ce se distrug, cum putem evita situațiile extreme în proiectarea circuitelor.

Aceste personaje din lumea minunată a electronicii, ne așteaptă să ne prezinte povestea lor minunată în circuitele electronice.

Sunt active, pot face minuni și nu putem să ne mai imaginăm o lume fără ele.

Vă invităm să vă alăturați miilor de utilizatori ai produselor firmei Epsicom.

Veți găsi idei noi și tutoriale foarte utile ce pot completa propriile voastre proiecte.

Bine ați venit!

Bibliografie

Un traceur de courbe pour transistors, FET, thyristors, etc.

Mountasser Azouggar

Traceur de Courbes - Eddy Bergman.

Transistor Curve Tracer - Peter Balch,

Electronică industrială – Maghiar Teodor, C-tin Stănescu,

Mircea Calugăreanu,

Dispozitive și circuite electronice – E.L. Miron, Gh. Pană

Dispozitive și circuite electronice – F.M. Tufescu

Proiecte noi

Clase de amplificatoare

Surse de tensiune în comutație

Surse de tensiune liniare

ATENȚIONARE

Toate produsele Epsicom sunt protejate de legea dreptului de autor și tratatul internațional privind drepturile de autor. Prin urmare, acest manual trebuie tratat ca orice alt material copyright. Nici o parte a acestui manual, inclusiv produsul descris în prezentul document, nu trebuie să fie reprodusă, stocată într-un sistem de preluare, tradusă sau transmisă sub orice formă sau prin orice mijloace, fără permisiunea prealabilă scrisă a Epsicom. Ediția manuală PDF poate fi tipărită pentru uz local sau privat, dar nu pentru distribuție. Orice modificare a acestui manual este interzisă.

Epsicom furnizează acest manual tutorial „așa cum este” fără garanție, exprimată sau implicită, incluzând însă garanțiile sau condițiile implicite de comercializare în scop educațional.

Epsicom nu își asumă nicio responsabilitate sau răspundere pentru erorile, omisiunile și inexactitățile care pot apărea în acest manual. În niciun caz, Epsicom, directorii, angajații sau distribuitorii săi nu vor fi răspunzători pentru daune indirecte, specifice, incidentale sau consecințe (inclusiv daune pentru pierderea profitului și informațiilor comerciale, întreruperea afacerii sau orice altă pierdere pecuniară) care rezultă din utilizarea acestui manual sau produs, chiar dacă Epsicom a fost înștiințat cu privire la posibilitatea unor astfel de daune. Epsicom își rezervă dreptul de a schimba informațiile conținute în acest manual în orice moment, fără notificare prealabilă, dacă este necesar.

Produsele Epsicom nu sunt proiectate, fabricate sau destinate utilizării sau revânzării ca echipamente de control, în medii care necesită performanțe în condiții de siguranță, cum ar fi în exploatarea instalațiilor care ar putea duce la daune fizice sau de mediu grave.

Epsicom și furnizorii săi renunță în mod specific la orice garanție expresă sau implicită pentru activitățile cu risc ridicat.

Numele, sigla Epsicom și logo-ul Epsicom sunt mărci înregistrate ale Epsicom.

Toate celelalte mărci comerciale menționate aici sunt proprietatea companiilor respective.

Toate celelalte nume de produse și corporații care apar în acest manual pot sau nu să fie mărci înregistrate sau cu drepturi de autor ale companiilor respective și sunt utilizate numai pentru identificare sau explicație și în beneficiul proprietarilor, fără intenția de a încălca.

Copyright © EPSICOM 2020, All Rights Reserved.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre,
vizitați site-ul nostru www.epsicom.com

Dacă aveți întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri,
nu ezitați să ne contactați la office@epsicom.com