

Lucrarea Nr. 5

Tranzistorul bipolar – Caracteristici statice

A.Scopul lucrării

- Determinarea experimentală a plăcii mărimilor electrice de la terminale în care TB real este activ (amplifică) precum și a unor caracteristici de interes;

B.Scurt breviar teoretic

Structura TB constă din trei regiuni semiconductoare de conductivitate alternantă, între care se formează două joncțiuni. Structura prezintă următoarele particularități:

- regiunea din mijloc, numită bază (B), are grosimea mult mai mică decât lungimea de difuzie și este slab dopată;
- regiunile extreme, numite emitor (E) și colector (C) au conductibilitate de tip opus față de bază;
- regiunea de emitor este puternic dopată, astfel ca joncțiunea determinată de regiunile de E și B, numita joncțiune emitoare (JE), este unilaterală
- cele două joncțiuni sunt plane;

Structura, simbolul de circuit precum și convențiile de semne pentru mărimile electrice caracteristice unui TB npn sunt indicate în Figura 1:

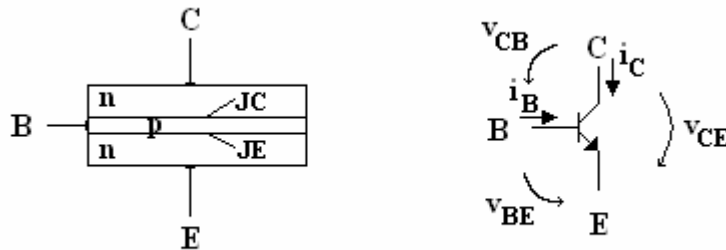


Figura 1

Săgeata de pe emitor indică sensul joncțiunii emitoare, respectiv sensul real al curentului prin emitor și, prin aceasta, tipul tranzistorului.

În funcționarea reală a TB - regim activ normal (RAN):

- JE este polarizată direct ($V_{BE} > 0$ la npn și $V_{BE} < 0$ la pnp), fiind echivalentă cu o sursă de tensiune de valoare V_{do} (tensiune de deschidere) în serie cu o rezistență R_B ;
- JC este polarizată invers ($V_{BC} < 0$ la npn și $V_{BC} > 0$ la pnp), fiind echivalentă cu un circuit deschis;

Datorită polarizării directe JE este în conducție și, fiind unilaterală, curentul prin ea este dominat de fluxul de purtători majoritari caracteristici emitorului injectați în bază. Baza fiind foarte subțire, cea mai mare parte a fluxului de purtători mai sus amintiți ajunge prin difuzie la JC unde câmpul existent în regiunea de barieră trece electronii în regiunea de colector, determinând un curent important prin JC deși aceasta este polarizată invers.

Comanda curentului printr-o joncțiune invers polarizată(JC) de către curentul direct al unei joncțiuni plasate în vecinătate (JE) se numește efect de tranzistor.

Testarea TB cu Ohmetrul

La un TB în stare de funcționare rezistența între terminalele C și E este foarte mare în ambele sensuri de conectare ale Ω -metrului. Între terminalele B-C și B-E comportamentul este tipic de joncțiune pn: rezistența foarte mare într-un sens și rezistența mică în celălalt.

Dacă terminalele se cunosc se poate face direct verificarea tranzistorului.

Dacă terminalele nu se cunosc, mai întâi trebuie identificate prin încercări două terminale între care rezistența este mare în ambele sensuri de conectare a Ω -metrului. Acestea vor fi emitorul și colectorul iar al treilea va fi baza. Se verifică apoi joncțiunile și, după sensul tensiunii aplicate pe bază când rezistența este mică la ambele joncțiuni, se stabilește tipul tranzistorului (nnp sau pnp). A se avea în vedere faptul că sensul tensiunii la bornele Ω -metrului este invers față de inscripționarea de pe aparat.

Dacă nu se găsesc două terminale între care rezistența să fie foarte mare în ambele sensuri tranzistorul prezintă scurtcircuit C-E. Dacă rezistența între toate perechile de terminale este foarte mare în ambele sensuri, joncțiunile tranzistorului sunt întrerupte.

Pentru a determina care este C și care E, se va folosi faptul că factorul de câștig în curent în RAN (β_F) este mult mai mare decât cel în RAI (β_R).

Pentru un TB npn, Figura 1, sunt importante legăturile:

- (1) $i_B = f(v_{BE})_{V_{CE}=ct}$ - caracteristica statică de intrare;
- (2) $i_C = f(v_{BE})_{V_{CE}=ct}$ - caracteristica statică de transfer;
- (3) $i_C = f(v_{CE})_{I_B=ct}$ - caracteristica statică de ieșire;

În relațiile de mai sus mărimile V_{CE} , I_B (constante pentru o caracteristică) sunt parametrice. Modificarea valorilor acestora determină familii de caracteristici de același tip și în același plan (xOy).

B1. Caracteristici statice de intrare

Întrucât curentul de bază depinde de v_{BE} după relația:

$$(4) i_B = I_{BS} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right),$$

în plaja tensiunilor de interes (în care TB amplifică) cursa (4) arată ca în Figura 2, pentru tensiuni $V_{CE} > 1V$. Din (4) nu rezultă o dependența a curentului i_B de tensiunea v_{CE} .

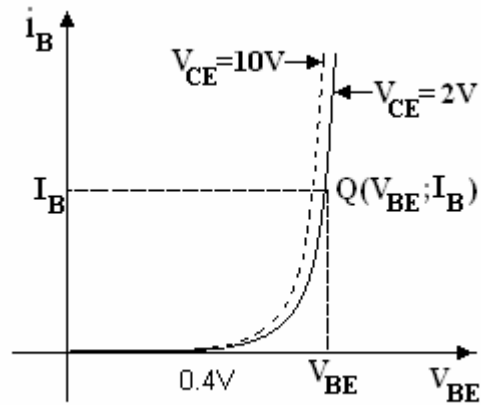


Figura 2

Fenomenul ce apare este unul de ordinul II (și care nu este modelat de relația (4)) și determină o dependență slabă (insesizabilă) a curentului de bază de polarizarea inversă a joncțiunii colectorului.

B2. Caracteristici statice de transfer

Și curentul de colector depinde exponențial de tensiunea de intrare v_{BE} ,

$$(5) i_C = I_{CS} \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right)$$

Conform relației (5) graficul $i_C = f(v_{BE})$ este de fapt cel din Figura 2 la o altă scară:

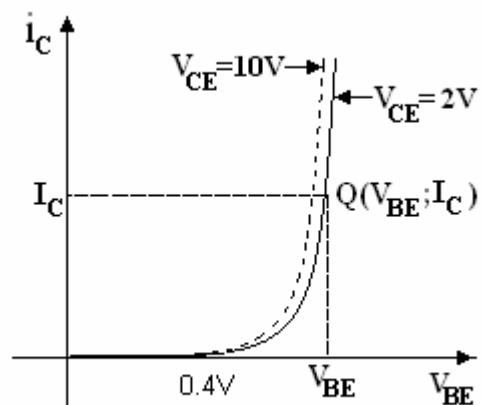


Figura 3

Ca și în Figura 2, se pune în evidență influența tensiunii v_{CE} . În cazul curentului i_C , dependența acestuia de parametrul v_{CE} este sesizabilă și în majoritatea aplicațiilor nu poate fi neglijată.

B3. Caracteristici statice de ieșire $i_C=f(v_{CE})$

Sunt foarte importante deoarece permit determinarea dependenței parametrului beta (amplificarea în curent în conexiunea EC) de poziția punctului static de funcționare $Q(V_{CE};I_C)$ în planul $i_C O v_{CE}$.

În Figura 4 sunt reprezentate familii de caracteristici de ieșire. Curentul parametric de bază, care are o valoare tipică I_B , este modificat prin trepte de valoare constantă în ambele sensuri.

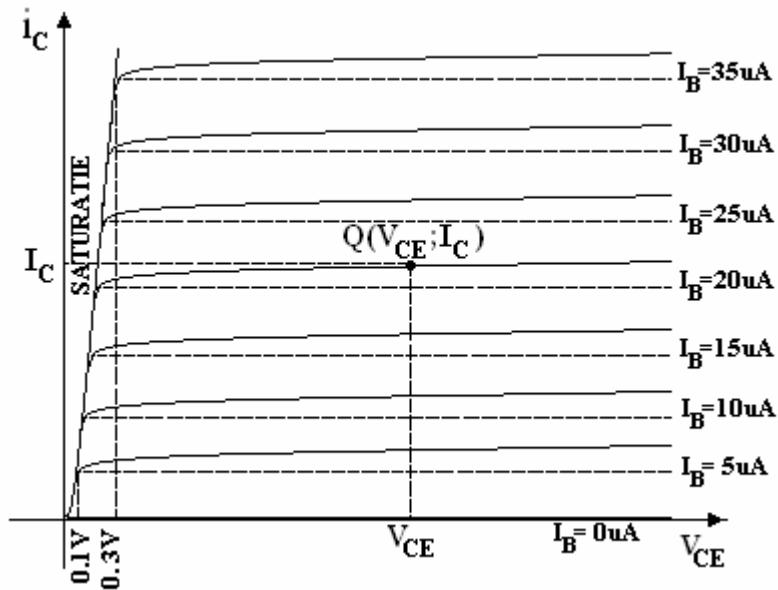


Figura 4

În figura de mai sus caracteristicile punctate (paralele cu axa $O v_{CE}$) sunt cele ale unui tranzistor aproximat ideal.

NOTA:

Dacă TB ar fi ideal descris de ecuațiile (1), (2) și (3) s-ar obține:

1. Familii de caracteristici de intrare și de transfer perfect suprapuse;
2. Familii de caracteristici de ieșire perfect paralele cu axa absciselor;

C.Modul de lucru

Se realizează montajul din Figura 5:

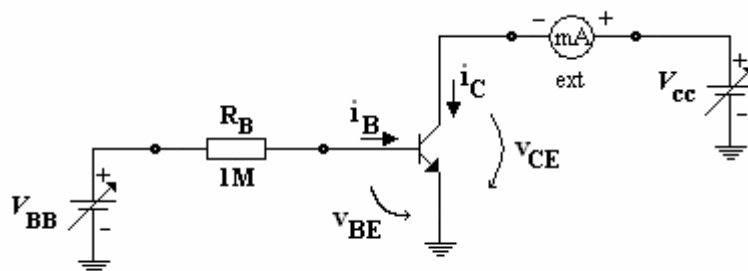


Figura 5

Observații:

1. Tensiunea $V_{CE}=V_{CC}$ este măsurată direct de către voltmetrul numeric al sursei de tensiune continuă.
2. Trebuie asigurat $0 < V_{CC} < 5V$ și $I_C < 20mA$ pentru a nu se depăși puterea maximă pe care poate să o disipe capsula tranzistorului.
3. Tensiunea V_{BE} se masoară cu un voltmetru cu $R_{IV} > 1M\Omega$.
4. Curentul I_B rezultă indirect aplicând K_{II} pe ochiul de intrare.

C1. Caracteristici statice de intrare $i_B=f(V_{BE})|_{V_{CE}=ct}$

Se completează, după măsurători, tabelul T₁.

Tabelul T₁ pentru $V_{CE}=2V$

$V_{BE}[V]$	0.3	0.4	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64
$I_C[uA]$										<20mA
$I_B[uA]$										

Tensiunea V_{BE} se fixează reglând V_{BB} .

Se repetă aceleași măsurători pentru alte valori ale $V_{CC}=V_{CE}$ (3V, 4V, 5V), completându-se câte un table de tipul T1 pentru fiecare caz.

Se reprezintă grafic 3 caracteristici de intrare și 3 de transfer (2 grafice la scară liniară, cu câte trei curse fiecare).

C2. Caracteristici statice de ieșire $i_C=f(V_{CE})|_{I_B=ct}$

1. Se fixează $V_{CC}=V_{CE} = 5V$ și $V_{BB}=0$. În această situație mA-ul trebuie să indice curent nul.
2. Se crește V_{BB} până când curentul de colector ajunge la 20mA. Se calculează

$$I_{BM}=I_{Bmaxim}=I_B(I_C=20mA) \text{ și pasul } \Delta I_B = \frac{I_{BM}}{8} \text{ (se vor trasa 8 caracteristici$$

$$i_C=f(V_{CE})|_{I_B=ct}).$$

3. Se calculează valorile parametrului I_B pentru fiecare caracteristică (I_{B1}, \dots, I_{B8}).

4. Pentru fiecare valoare I_B de mai sus se calculează tensiunea sursei V_{BB} necesară, aplicând KII pe ochiul de intrare.
5. Pentru fiecare valoare V_{BB} setată se modifică $0 < V_{CE}(=V_{CC}) < 5V$ și se completează un tabel de forma T_2 .

Tabelul T2

$V_{CE}[V]$	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.6	1	2	3	4	5
$I_C[uA]$															

Vor rezulta 8 tabele ce vor fi reprezentate în același plan.

În lucrarea următoare se vor determina de pe aceste caracteristici parametrii TB testat.