

Lucrarea Nr. 3

Tranzistorul bipolar în regim de comutație. Aplicații.

Scopul lucrării

- Studiul condițiilor de saturație pentru TB;
- Studiul aplicațiilor cu TB în regim de comutație;

1. Condiția de saturație

Se consideră circuitul următor:

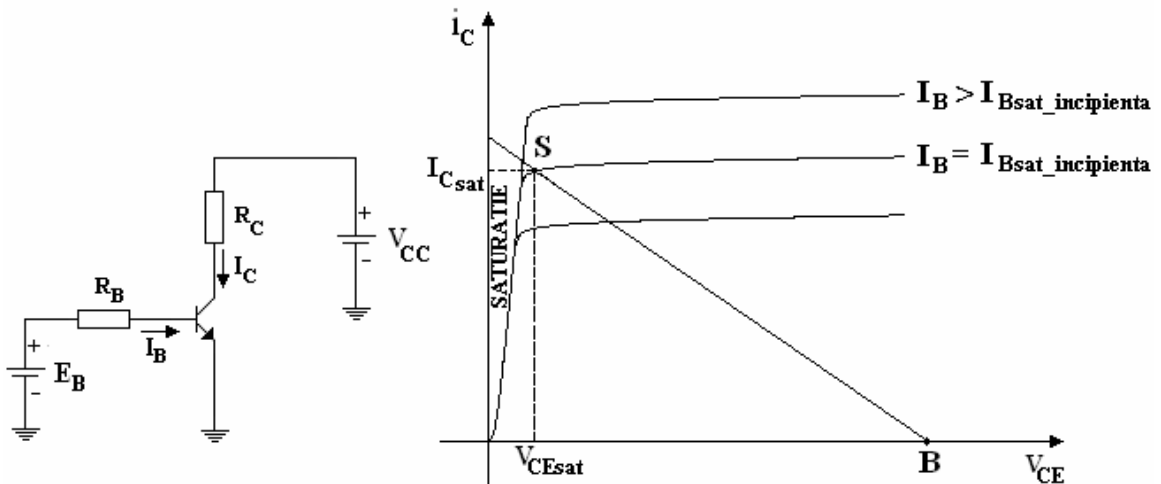


Figura 1. Circuitul pentru studiul regimului de saturație.

$$I_B = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B}; \quad I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Dacă PSF-ul se găsește în S (la limita dintre RAN și saturație), rezultă că:

$$I_{Bsat_inc} = \frac{E_B - V_{BEs}}{R_B}; \quad I_{Csat} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_C}$$

Între I_{Bsat_inc} și I_{Csat} , datorită faptului că suntem la limita în RAN, avem:

$$\frac{I_{Csat}}{I_{Bsat_inc}} \geq (\beta)_{\min im_catalog} = \beta_m$$

Dacă V_{CC} și R_C sunt fixate (impuse de un curent maxim permis prin TB, notat I_{CM}), obținem relația necesară între R_B și E_B pentru saturarea TB (punctul de funcționare trebuie să se regasească la stânga punctului S din Fig. 1):

$$I_B = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B} \geq I_{Bsat_inc} = \frac{I_{Csat}}{\beta_m} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{\beta_m R_C}$$

sau

$$\frac{E_B - V_{BE}}{R_B} \geq \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{\beta_m R_C}$$

Această relație, dacă $E_B = V_{CC}$ și $V_{CC} \gg V_{CEsat}$ ($V_{CEsat} < 0.5[V]$; $V_{BE} \cong 0.6 - 0.7[V]$), conduce la una mult mai simplă între rezistoare:

$$R_B \leq \beta_m R_C$$

NOTA

Pentru tranzistoarele bipolare tip BC107/171/177/251, $I_{CM}=100[mA]$ iar $\beta_m \approx 50$. În apropierea saturației (dinspre RAN) β scade.

2. Formator de semnal dreptunghiular din semnal sinusoidal

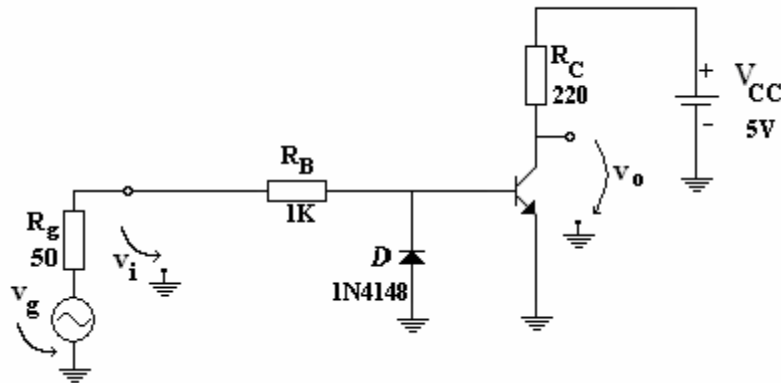


Figura 2.

Generatorul furnizează $v_g(t) = V_{gm} \sin \omega t$, cu $V_{gm} \cong 6[V]$.

În această aplicație R_B trebuie proiectat astfel încât să limiteze curentul I_B în alteranța pozitivă a lui $v_g(t)$. Tranzistoarele bipolare BC107 au $I_{Bmax} \leq 6[mA]$ și $V_{BEinv} = 5[V]$. Rolul diodei de comutație 1N4148 este acela de a se deschide în alteranța negativă, limitând astfel tensiunea inversă baza-emitor a TB (la doar 0.6[V]).

$$R_B \geq \frac{V_{gm} - V_{BE}}{I_{B \max}} = \frac{6[V] - 0.6[V]}{6[mA]} \cong 0.9[K\Omega]$$

Rezistorul R_C fixează valoarea dorită pentru $I_{C \text{sat}}$ la V_{CC} fixat la 5[V]. Alegând $I_{C \text{sat}} \approx 20[mA]$, rezultă:

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE \text{sat}}}{I_{C \text{sat}}} \cong \frac{5[V] - 0.5[V]}{20[mA]} \cong 220[\Omega]$$

Studiu experimental

- Se realizează circuitul cu valorile proiectate;
- Se oscilografiază simultan v_i și v_o . Se rețin graficele acestor forme de undă la valori ale frecvenței generatorului de 1[KHz], 1[MHz] și 10[MHz].

3. Accelerarea comutației tranzistorului bipolar

Se utilizează schema:

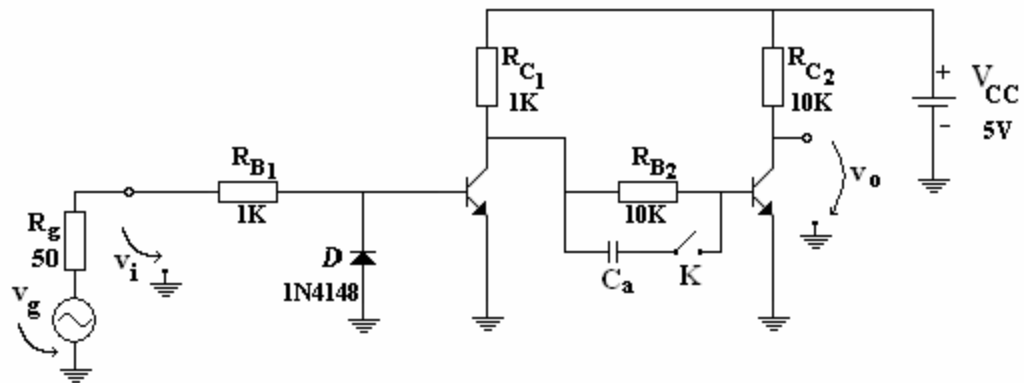


Figura 3.

Formatorul din figura de mai sus are $R_{C2} = 10K$ pentru tranzistorul Q_2 , deci un curent de saturație relativ mic. Se va observa influența condensatorului de accelerare C_a . Tensiunea (dreptunghiulară) de la ieșirea primului etaj formator, asigură saturația puternică a lui Q_2 deoarece:

$$I_{C \text{sat}2} = \frac{V_{CC} - V_{CE \text{sat}2}}{R_{C2}} \cong \frac{5[V]}{10[K\Omega]} = 0.5[mA]$$

$$I_{B \text{sat_inc}2} \cong \frac{I_{C \text{sat}2}}{\beta_m} = \frac{500[uA]}{50} = 10[uA]$$

iar atunci când Q_1 este blocat, curentul de bază al lui Q_2 va fi:

$$I_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{BE2}}{R_{C1} + R_{B2}} \cong 400[uA] \gg 10[uA] = I_{B \text{sat_inc}2}$$

Studiu experimental

- Se păstrează, ca și la aplicația anterioară, $V_{gm}=6[V]$;
- Se determină frecvența maximă de funcționare corectă ($v_o(t)$ încă de formă dreptunghiulară) (a) fără C_a ; (b) cu $C_a=10pF$; (c) cu $C_a=20pF$; (d) cu $C_a=100pF$;

4. Astabil cu tranzistoare bipolare (generator de semnal dreptunghiular)

Se va utiliza schema următoare:

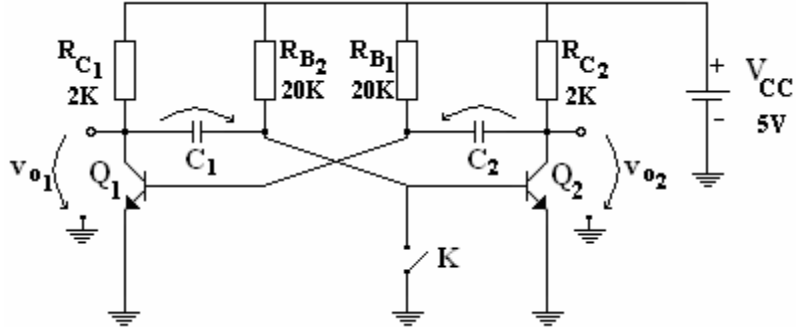


Figura 4. CBA cu TB

Fără C_1, C_2 în circuit, proiectarea trebuie să asigure în cele mai dezavantajoase cazuri (variație cu temperatura, împrăștierea β) Q_1 și Q_2 saturate, condiție satisfăcută atunci când $R_B \leq \beta_m R_C$.

Presupunând K închis un timp suficient de lung astfel încât v_{C1}, v_{C2} să se stabilizeze:

$$K = ON \Rightarrow V_{B2} = 0 \Rightarrow (1) \begin{cases} Q_2 = \text{blocat} \\ Q_1 = \text{saturat} \end{cases}$$

În aceasta situație C_1 se încarcă, cu polaritatea (+) armatura dreapta / (-) armatura stânga, la valoarea $V_{C1} = V_{CC} - V_{BEsat} \cong V_{CC}$ iar C_2 se descarcă $V_{C2} = V_{CEsat1} \cong 0$.

Presupunem că la $t=0$ K se deschide $\Rightarrow Q_2$ se saturează într-un timp t_{ON} . În virtutea teoremei comutației, v_{C1} nu se modifică brusc ($v_{C1}(0-\varepsilon) = v_{C1}(0+\varepsilon) \cong V_{CC}$) și, deoarece C_1 are pe armatura dreaptă $V_{CEsat2} \approx 0$, va aplica $-V_{CC}$ în baza lui Q_1 ,

blocându-l. $\Rightarrow (2) \begin{cases} Q_1 = \text{blocat} \\ Q_2 = \text{saturat} \end{cases}$. Cu Q_1 blocat, C_2 se încarcă la V_{CC} . Când C_1 se va fi

terminat de descărcat, Q_1 se saturează $\Rightarrow C_2$ îl va bloca pe Q_2 . De aici stările își vor succede în timp una altele.

Perioada semnalelor generate va fi:

$$T = t_1 + t_2 = \ln 2(C_1 R_{B2} + C_2 R_{B1})$$

Studiu experimental

- Se vor urmări formele de undă ale tensiunilor de colector și bază pentru $C=1[\text{nF}]/10[\text{nF}]/100[\text{nF}]$; se vor face corelații cu procesele descrise mai sus;
- Explicați de ce frontul pozitiv al tensiunilor de colector nu este abrupt;
- Explicați de ce un scurtcircuit colector-emitor blochează oscilațiile pe când un scurtcircuit bază-emitor le amorsează;

Tema 3

1. Pentru circuitul din Figura 2, în care TB este de tipul BC107 iar D 1N4148, proiectați valorile R_B , R_C , V_{CC} astfel încât circuitul să realizeze conversia de la semnalul $v_i(t)=0+12\sin 2\pi 10^3 t$ la un semnal de ieșire de formă dreptunghiulară, cu $V_H=9[\text{V}]$ și $V_L\approx 0[\text{V}]$, în condițiile unei puteri medii absorbite de la sursa de alimentare de $135[\text{mW}]$ și fără a pune în pericol integritatea joncțiunii emitoare.
2. Pentru circuitul din Figura 4, în care TB sunt de tipul BC107 iar $C_1=C_2=10[\text{pF}]$, proiectați valorile R_{Bi} , R_{Ci} , V_{CC} astfel încât circuitul să genereze un semnal dreptunghiular, de frecvență $7[\text{KHz}]$ și având $V_H=5[\text{V}]$ și $V_L\approx 0[\text{V}]$, în condițiile unei puteri medii absorbite de la sursa de alimentare de $60[\text{mW}]$.