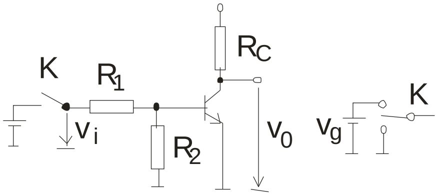
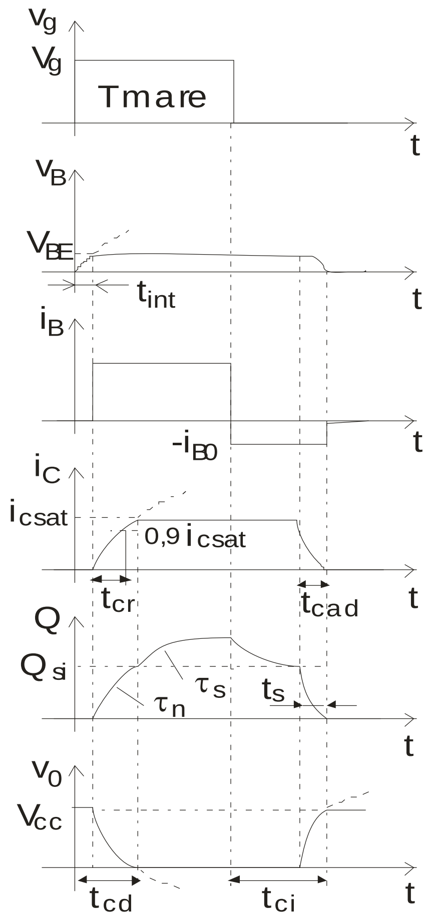
Comutarea TBIP

Schema de comandă:



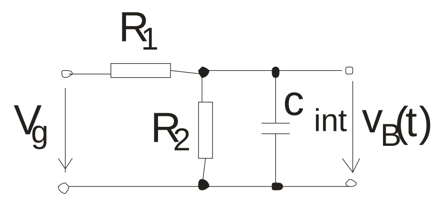
Graficele mărimilor electrice din circuit:



a) comutarea directă:

a1) timpul de întârziere:

- schema echivalentă pentru circuitul de intrare



- variaţia tensiunii pe baza tranzistorului după aplicarea saltului de tensiune de comandă:

$$v_B(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_g \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) \quad \text{cu} \quad \tau_1 = C_{\text{int}} R_1 \| R_2 \text{; cu:}$$

$$C_{\text{int}} \cong C_{be} + C_{bc}$$

- se atinge tensiunea de deschidere a TBIP dacă $v_B(t_{\text{int}}) = V_{BE0}$; rezultă:

$$t_{\text{int}} = C_{\text{int}} R_1 \| R_2 \ln \frac{\frac{R_2}{R_1+R_2} V_g}{\frac{R_2}{R_1+R_2} V_g - V_{BE0}} = C_{\text{int}} R_1 \| R_2 \ln \frac{1}{1-\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)\frac{V_{BE0}}{V_g}}.$$

a2) timpul de creştere:

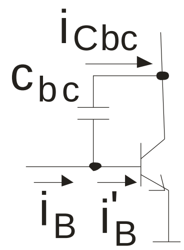
- se stabileşte curentul de bază: $i_B = \frac{V_g - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} = \frac{V_g}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_1 \| R_2}$;

- se aplică metoda sarcinii pentru RAN:

$\frac{dQ(t)}{dt} + \frac{Q(t)}{\tau_n} = i_B$ cu condiţia iniţială: $Q(0) = 0$ şi rezultă:

$$Q(t) = \tau_n i_B \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}}\right); \; i_C(t) = \beta_0 i_B \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_n}}\right).$$

- influenţa capacităţii de barieră a joncţiunii Colector-Bază, C_{bc}:



$i'_B(t) = i_B - i_{C_{bc}} = i_B - C_{bc}\frac{dv_{BC}}{dt}$ (curentul care susţine acumularea de sarcină în bază, conform ecuaţiei metodei sarcinii, i_B fiind curentul de bază determinat de circuitul exterior);

$$v_{BC} = -v_{CB} = -\left(V_{cc} - R_c i_C - v_{BE}\right) \quad \Rightarrow \quad \frac{dv_{BC}}{dt} = R_c \frac{di_C}{dt};$$

Rezultă: $\tau_n \frac{di_C(t)}{dt} + i_C(t) = \beta_0 \left(i_B - C_{bc} R_c \frac{di_C(t)}{dt} \right)$ sau:

$$\tau'_n \frac{di_C(t)}{dt} + i_C(t) = \beta_0 i_B \quad \text{cu:} \quad \tau'_n = \tau_n + \beta_0 C_{bc} R_c \, .$$

- se remarcă influenţa foarte mare a celui de al doilea termen şi a lui β_0. Deci:

$$Q(t)=\tau_n^{'} i_B\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_n^{'}}}\right);\; i_C(t)=\beta_0 i_B\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_n^{'}}}\right).$$

Terminarea comutării directe:

- în RAN: pentru $i_C(t_{cr})=0{,}9\beta_0 i_B \quad\Rightarrow\quad t_{cr}=2{,}3\tau_n^{'}$ (mare);
- în SAT: pentru $i_C(t_{cr})=0{,}9 i_{Csat} \quad\Rightarrow\quad t_{cr}=\tau_n^{'}\ln\dfrac{1}{1-\dfrac{0{,}9 i_{Csat}}{\beta_0 i_B}}$;
- dar; $n^{'}=\dfrac{i_B}{i_{Bsi}}=\dfrac{i_B}{\dfrac{i_{Csat}}{\beta_0}}=\dfrac{\beta_0 i_B}{i_{Csat}}$ şi: $t_{cr}=\tau_n^{'}\ln\dfrac{1}{1-\dfrac{0{,}9}{n^{'}}}$.
- prin dezvoltare în serie: $t_{cr}\cong 0{,}9\dfrac{\tau_n^{'}}{n^{'}}$.
- se observă: $t_{cr}=t_{cr}(\tau_n, R_c, \beta_0, C_{bc})$;
- pentru ca $t_{cr}\to 0$ este necesar ca: β_0 cât mai mic, τ_n, C_{bc} cât mai

mici, R_c cât mai mic (contradicţie cu $P_d=\dfrac{V_{CC}^2}{2Rc}$ cât mai mică).

În continuare, se acumulează sarcină în bază:

$$\frac{dQ_s(t)}{dt}+\frac{Q_s(t)}{\tau_s}+\frac{Q_{si}}{\tau_n^{'}}=i_B \text{ cu: } Q_{si}=\tau_n^{'} i_{Bsi};\quad Q_s(0)=0.$$

Rezultă:

$$Q_s(t)=\tau_s\left(i_B-i_{Bsi}\right)\left(1-e^{-\frac{t}{\tau_s}}\right);$$

$$Q_s(\infty)=\tau_s\left(i_B-i_{Bsi}\right)=\left(n'-1\right)Q_{si}=nQ_{si}.$$