

LUCRAREA NR.20

CIRCUITE BASCULANTE CU ELEMENTE DISCRETE

1. Scopul lucrării : în lucrare sînt testate un circuit basculant monostabil și un circuit basculant astabil, ambele realizate cu transistoare bipolare, cu cuplaje colector-bază ; se urmărește măsurarea formelor de undă în diferite puncte ale montajelor (amplitudine, durată, fronturi), dependența impulsurilor generate de elementele circuitului precum și experimentarea unor circuite de declanșare a circuitului basculant monostabil.

2. Circuitul basculant monostabil cu cuplaj colector-bază are schema de principiu reprezentată în fig.20.1, iar formele de undă rezultate în diferite puncte, în urma aplicării unui impuls de declanșare, sînt reprezentate în fig.20.2.

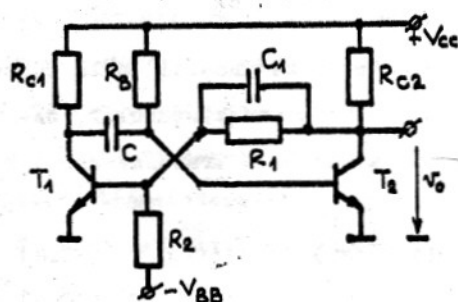


Fig.20.1

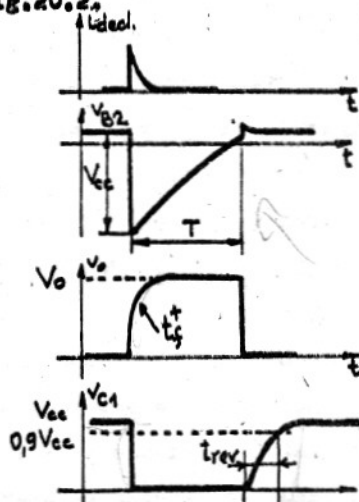


Fig.20.2.

În starea stabilă (de așteptare), transistorul T_2 este în conducție (deoarece are baza cuplată la un potențial pozitiv, V_{cc}).

prin rezistența R_b), de obicei, la saturație, iar tranzistorul T_1 este blocat datorită tensiunii de ieșire v_o care are o valoare mică, V_{CEsat} și datorită tensiunii de polarizare V_{BE} (negative). Această stare este condiționată de relațiile :

$$\frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_b} > \frac{V_{cc} - V_{CEsat}}{\beta R_c} = \frac{V_{cc}}{\beta R_c} \quad (20.1)$$

(în absența unei sarcini care să încarce suplimentar tranzistorul T_2)

$$-V_{BE} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{CEsat} \frac{R_2}{R_1 + R_2} < V_{BE0} \quad (20.2)$$

unde V_{BE0} este tensiunea de deschidere a tranzistorului T_1 .

În starea cvasistabilă, obținută în urma unui impuls de declanșare care provoacă schimbarea stării tranzistorelor, tranzistorul T_2 este blocat datorită saltului de tensiune, negativ, de pe baza sa, transmis din colectorul tranzistorului T_1 prin capacitatea C , iar tranzistorul T_1 este în saturație. Pentru ca tranzistorul T_1 să funcționeze la saturație, este necesară îndeplinirea condiției :

$$\frac{1}{\beta_{min}} \left(\frac{V_{cc} - V_{CEsat}}{R_{c1}} + \frac{2V_{cc} - V_{BE}}{R_b} \right) < \frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_1 + R_{c2}} - \frac{V_{BE} + V_{BE}}{R_2} \quad (20.3)$$

În starea cvasistabilă, capacitatea C se încarcă de la sursa de alimentare V_{cc} prin rezistența R_b și prin tranzistorul T_2 saturat și determină variația tensiunii de pe baza tranzistorului T_2 după legea :

$$v_{B2}(t) = V_{cc} + (V_{BE} - 2V_{cc}) \exp(-t/\tau) \quad (20.4)$$

$$\text{cu : } \tau = CR_b \quad (20.5)$$

Prin creșterea tensiunii pe baza tranzistorului T_2 , se va atinge tensiunea de deschidere a acestuia ; în urma deschiderii tranzistorului T_2 , tranzistorul T_1 iese și el din saturație și se închide bucla de reacție pozitivă din circuit care duce la revenirea în starea inițială.

Durata impulsului generat se calculează cu relația :

$$T = R_b C \ln \frac{2V_{cc} - V_{BE}}{V_{cc} - V_{BE}} \approx 0,69 R_b C \quad (20.6)$$

Impulsul de la ieșirea circuitului (considerată la colectorul tranzistorului T_2) va avea amplitudinea :

$$V_o = \frac{R_1}{R_1 + R_{o2}} V_{cc} \quad (20.7)$$

și frontul crescător :

$$t_f^+ \approx 2,3 C_1 R_{o2} \quad (20.8)$$

Capacitatea C_1 , cuplată în paralel pe rezistența R_1 , are rolul de a accelera procesele de comutare ale tranzistorului T_2 .

Timpul de revenire al schemei, necesar pentru reîncărcarea capacității C și pus în evidență pe tensiunea din colectorul tranzistorului T_1 , va fi :

$$t_{rev} \approx 2,3 R_{o1} C \quad (20.9)$$

3. Micșorarea timpului de revenire al schemei se face prin micșorarea rezistenței de colector R_{o1} (micșorare limitată de îndeplinirea condiției de saturație a tranzistorului T_1), prin divizarea rezistenței R_{o1} în două rezistențe înseriate (dar se micșorează și durata impulsului), prin introducerea unui circuit de limitare a excursiei de tensiune pe colectorul tranzistorului T_1 (dar se micșorează amplitudinea impulsului disponibil la această ieșire și durata impulsului) sau prin cuplarea capacității C la colectorul tranzistorului T_1 printr-un repeter pe emitor, ca în fig. 20.3. În acest ultim caz, timpul de revenire se micșorează foarte mult, devenind :

$$t_{rev} = 2,3 \frac{R_{o1} + \tilde{R}_{\pi 3}}{\beta_3} \quad (20.10)$$

unde $\tilde{R}_{\pi 3}$ este rezistența de intrare a tranzistorului T_3 , mediată, avînd în vedere modificarea curentului prin tranzistor.

4. Declanșarea circuitului basculant monostabil se poate face fie cu impulsuri pozitive aplicate pe baza tranzistorului T_1 , blocat, obținute printr-un circuit de derivare și de limitare, ca

în fig.20.4.b, fie prin impulsuri negative, aplicate pe baza transistorului T_2 , saturat, obținute printr-un circuit de derivare și de limitare, ca în fig.20.4.a. Durata impulsurilor de declanșare sînt determinate de timpul necesar scaterii din saturație a transistorului T_2 și deblocării transistorului T_1 .

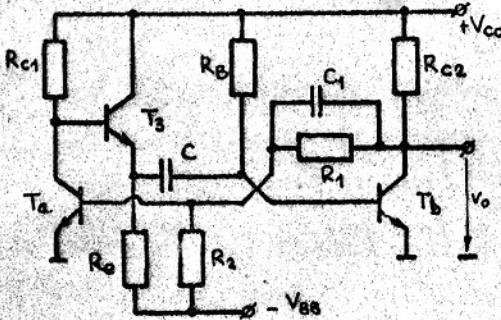


Fig. 20.3

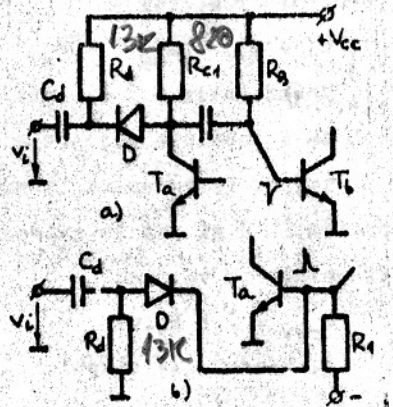


Fig. 20.4

5. Pentru circuitul basculant astabil cu cuplaj colector-bază reprezentat în fig.20.5, formele de undă în diferite puncte ale schemei sînt desenate în fig.20.6.

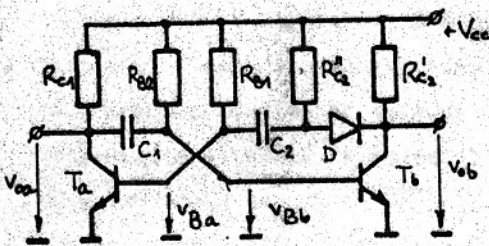


Fig. 20.5

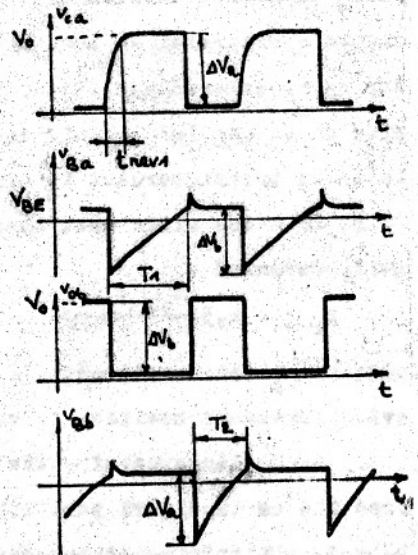


Fig. 20.6

Dacă sînt îndeplinite condițiile :

$$t_{rev1} = t_{f1}^+ < T_1 \quad \text{și} \quad t_{rev2} = t_{f2}^+ < T_2 \quad (20.11)$$

se deduc duratele stărilor quasistabile ale circuitului :

$$T_1 = R_{b1} C_2 \ln 2 \quad (20.12)$$

$$T_2 = R_{b2} C_1 \ln 2 \quad (20.13)$$

Timpii de revenire, pentru tensiunile din colectoare, vor fi :

$$t_{rev1} = t_{f1}^+ \approx 2,3 R_{o1} C_1 \quad \text{și} \quad (20.14)$$

$$t_{rev2} = 2,3 R_{o2} C_2 \quad (20.15)$$

Frontul anterior al impulsului generat la ieșirea colectorului tranzistorului T_b va fi abrupt, deoarece circuitul de reîncărcare a capacității C_2 este separat de circuitul de ieșire prin diodă de izolare, D.

Frecvența impulsurilor generate va fi :

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} \quad (20.16)$$

6. În starea de conducție, ambele tranzistoare lucrează în regiunea de saturație dacă sînt îndeplinite condițiile :

$$\frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_{b1}} > \frac{1}{\beta_1} \left(\frac{V_{cc}}{R_{c1}} + \frac{2 V_{cc}}{R_{b2}} \right) \quad (20.17)$$

$$\frac{V_{cc} - V_{BE}}{R_{b2}} > \frac{1}{\beta_2} \left(\frac{V_{cc}}{R_{c2}} + \frac{V_{cc} - V_D}{R_{c2}} + \frac{2 V_{cc}}{R_{b1}} \right) \quad (20.18)$$

7. Atît pentru circuitul basculant monestabil cît și pentru circuitul basculant astabil, în cazul în care saltul de tensiune negativă din baza tranzistorului depășește tensiunea de străpungere, acesta se deschide ca o diodă stabilizatoare de tensiune și modifică (micșorează) durata impulsului generat.

DESPASURAREA LUCRĂRII

1. Se identifică montajul din fig.20.7 în care circuitul bas-

oulant monostabil cu cuplaj colector-bază este realizat cu transistorele T_1 și T_2 , circuitele de declanșare sînt realizate cu grupurile C_d' , R_d' și D' respectiv C_d'' , R_d'' și D'' , iar transistorul T_3 este folosit ca repeter pe emitor pentru cuplarea capacității C la baza transistorului T_2 .

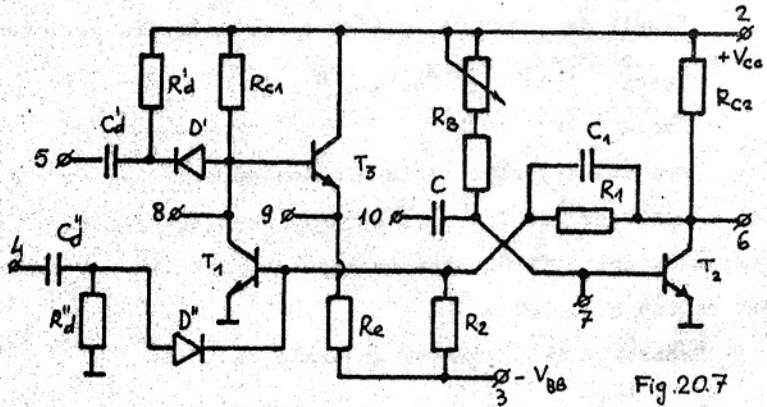


Fig. 20.7

2. Pentru valorile tipice ale factorului de curent al transistorelor folosite, BC 172 A (din anexă), se verifică condițiile de funcționare ale circuitului, pentru $V_{cc} = 8 \text{ V}$ și $V_{BB} = 2 \text{ V}$, cu relațiile (20.1), (20.2) și (20.3).

Se calculează durata impulsului pentru cele două valori extreme ale rezistenței R_b (avînd în vedere că valoarea potențiometrului P este $10 \text{ k}\Omega$), cu relația (20.6) și timpul de revenire, cu și fără repeter pe emitor, cu relațiile (20.9) și (20.10).

3. Se conectează capacitatea C la colectorul transistorului T_1 (bernele 8 și 10 cuplate împreună și se alimentează schema cu $V_{cc} = 8 \text{ V}$ (la borna 2) și $V_{BB} = 2 \text{ V}$ (la borna 3). Se verifică stările celor două tranzistoare măsurînd, cu osciloscopul, tensiunile pe cele două colectoare.

Se aplică impulsuri de declanșare pe baza transistorului T_1 (la borna 4) cu frecvența mai mică decît frecvența maximă posibilă,

calculabilă cu relația : $f_{\max} = \frac{1}{T_{\max} + t_{\text{rev}}}$, și se vizualizează formele de undă la ieșire (borna 6), pe baza tranzistorului T_2 (borna 7) și pe colectorul tranzistorului T_1 (borna 8). Se măsoară $T_{\min}$, $T_{\max}$, t_{rev} , t_f^+ și V_o ; se desenează formele de undă.

Cu $R_b = R_{b\max}$ și cu impulsuri de declanșare de 1 μsec , se mărește frecvența de declanșare și se constată influența ei asupra duratei impulsurilor generate, dacă $1/T_{\max} < f < 1/T_{\min}$.

4. Se determină influența tensiunii de alimentare a circuitului (V_{cc}) asupra duratei impulsului generat. Se vizualizează tensiunea de ieșire și tensiunea pe baza tranzistorului T_2 determinînd tensiunea de alimentare pentru care joncțiunea bază-emitor a tranzistorului T_2 se deschide ca diodă stabilizatoare de tensiune în urma saltului de tensiune negativă primit după declanșarea circuitului.

5. În condițiile normale de polarizare, se fixează amplitudinea impulsului de comandă la 3 V și se determină durata minimă a impulsurilor de declanșare. Apoi se fixează durata impulsului de declanșare la 500 nsec și se determină amplitudinea lui minimă pentru declanșare.

Se repetă măsurătorile pentru circuitul de declanșare cu impulsuri negative (aplicate la borna 5).

6. Se cuplează capacitatea C prin repetorul pe emitor (se conectează împreună bornele 9 și 10). Se aplică impulsuri de declanșare , se vizualizează formele de undă și se măsoară parametrii impulsurilor generate, ca la punctul 3.

7. Se identifică circuitul din fig.20.8 și, pentru valorile factorilor de curent ai tranzistoarelor utilizate, BC 172 A (din anexă), se verifică condițiile de saturație ale tranzistoarelor cu relațiile (20.17) și (20.18). Se va lua $V_{cc} = 8 \text{ V}$.

Cu valorile numerice ale elementelor din schemă se calculează T_1 , $T_{2\max}$, $T_{2\min}$ și timpii de revenire pentru cele două valori

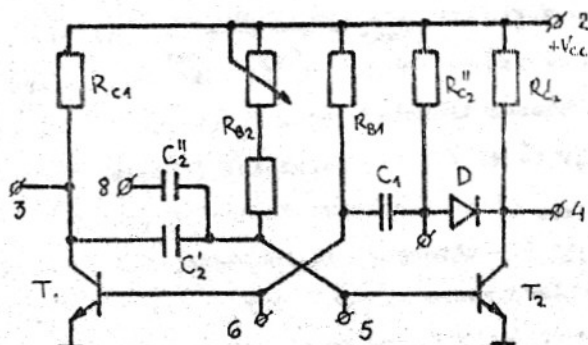


Fig. 20,8

extreme ale rezistenței R_{b2} ; se vor folosi relațiile (20.12), (20.13), (20.14) și (20.15).

8. Se alimentează schema cu $V_{cc} = 8 \text{ V}$. Se vizualizează și se desenează formele de undă în bazele și în colectoarele tranzistorilor precum și la borna 7. Se măsoară duratele impulsurilor generate, fronturile și timpii de revenire, completând tabelul 1.

R_{b2}	C_2	R_{b2} k Ω	C_2 nF	T_1 μsec	T_2 μsec	t_{rev1} μsec	t_{rev2} μsec	t_{f2}^+ nsec	f kHz	V_o V	
$R_{b2\text{min}}$	C_2^I										calc.
											măs.
	$C_2^I + C_2^{II}$										calc.
											măs.
$R_{b2\text{max}}$	C_2^I										calc.
											măs.
	$C_2^I + C_2^{II}$										calc.
											măs.

9. Cu $R_{b2\text{min}}$ și $C_2 = C_2^I$, se modifică tensiunea de alimentare între 3 și 15 V. Se măsoară frecvența de oscilație a multivibratorului (prin măsurarea perioadei impulsurilor obținute la colectorul

tranzistorului T_2) și se explică de ce aceasta depinde de tensiunea de alimentare a circuitului.

10. Referatul va conține :

- schemele circuitelor basculante monestabile realizate și testate;
- formele de undă măsurate în colectoarele tranzistoarelor și în baza tranzistorului T_2 ;
- măsurătorile asupra duratei impulsurilor, a timpului de revenire și a fronturilor impulsului generat ;
- să se explice care este efectul temperaturii asupra parametrelor impulsului generat ;
- să se deseneze și alte scheme de reducere a timpului de revenire (în afara celei studiate în lucrare) ;
- schema circuitului basculant astabil studiat în lucrare ;
- formele de undă măsurate în colectoarele și în bazele tranzistoarelor circuitului ;
- tabelul 1 cu rezultatele măsurătorilor și calculelor efectuate cu relațiile (20.12), (20.13), (20.14), (20.15) și (20.16) ;
- explicarea influenței tensiunii de alimentare asupra frecvenței impulsurilor generate ;
- cum se poate modifica, în limite foarte mari, factorul de umplere al impulsurilor generate ?
- care este influența factorului de curent al tranzistorului asupra formelor de undă ?