

LUCRAREA NR. 3

CIRCUITE BASCULANTE CU ELEMENTE DISCRETE

Scopul lucrării: în lucrare sunt testate un circuit basculant monostabil și un circuit basculant astabil, ambele realizate cu tranzistoare bipolare, în configurații de tip cuplaj 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.

1. Circuitul basculant monostabil cu cuplaj colector-bază are schema de principiu reprezentată în *figura 3.1*, iar formele de undă rezultate în diferite puncte, în urma aplicării unui impuls de declanșare, sunt reprezentate în *figura 3.2*. În starea stabilă (de așteptare), tranzistorul 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_0 care are o valoare mică, V_{CEsat} și datorită tensiunii de polarizare V_{BB} (negative). Această stare este condiționată de relațiile:

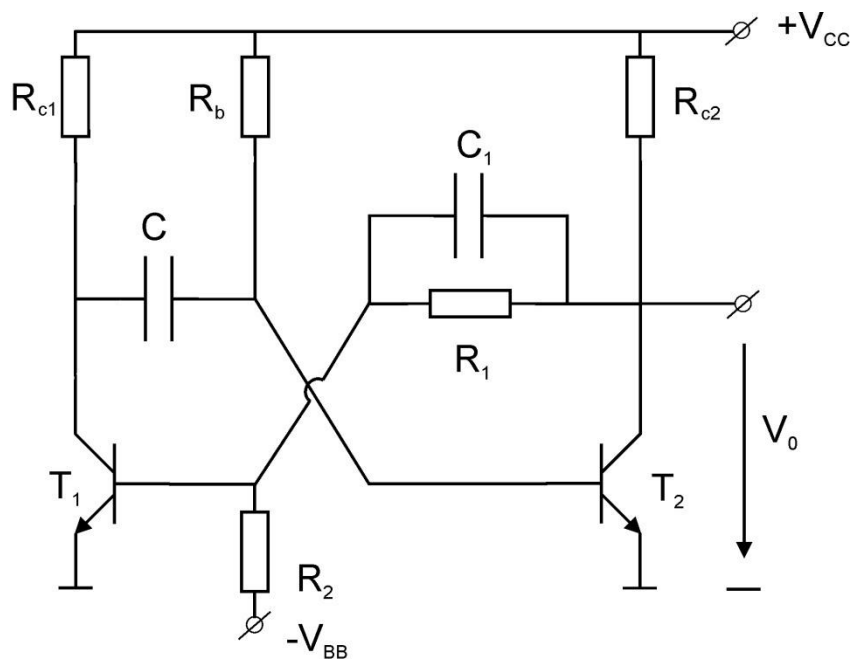


Fig. 3.1 Schema standard a circuitului monostabil

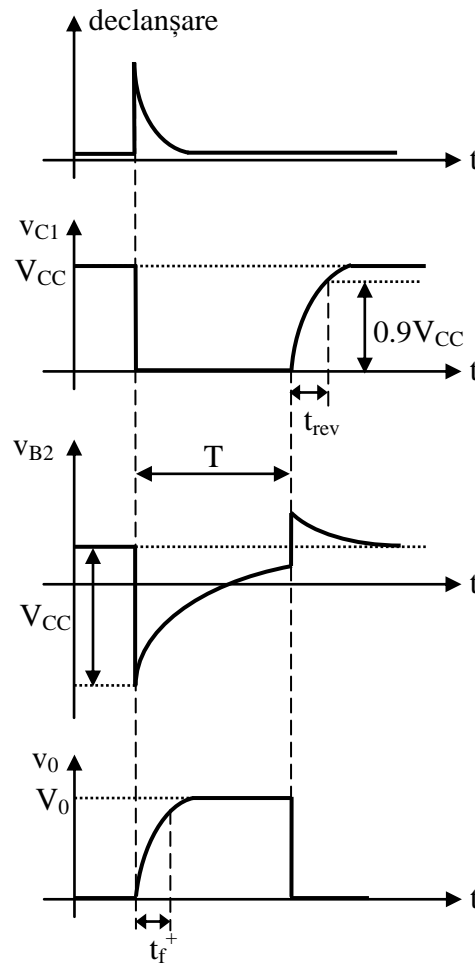


Fig. 3.2 Forme de undă în diferite puncte ale circuitului

$$\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b} > \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{\beta R_{c2}} = \frac{V_{CC}}{\beta R_{c2}} \quad (3.1)$$

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

$$-V_{BB} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + V_{CEsat} \frac{R_2}{R_1 + R_2} < V_{BEo} \quad (3.2)$$

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

În starea cvasistabilă, obținută în urma unui impuls de declanșare care provoacă schimbarea stării tranzistoarelor, 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:

$$\frac{1}{\beta_{min}} \left(\frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{R_{c1}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_b} \right) < \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1 + R_{c2}} - \frac{V_{BB} + V_{BE}}{R_2} \quad (3.3)$$

În starea cvasistabilă, capacitatea C se încarcă de la sursa de alimentare V_{CC} prin rezistența R_b și prin tranzistorul T_1 saturat și determină variația tensiunii de pe baza tranzistorului T_2 după legea:

$$V_{B2}(t) = V_{CC} + (V_{BE} - 2V_{CC})e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.4)$$

cu:

$$\tau = CR_b \quad (3.5)$$

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:

$$T = CR_b \ln \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{V_{CC} - V_{BE}} \cong 0,69R_b C \quad (3.6)$$

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

$$V_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_{c2}} V_{CC} \quad (3.7)$$

și frontul crescător:

$$t_f^+ = 2,3 C_1 R_{c2} \quad (3.8)$$

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:

$$t_{rev} = 2,3 CR_{c1} \quad (3.9)$$

2. Micșorarea timpului de revenire al schemei se face prin micșorarea rezistenței de colector R_{c1} (micșorare limitată de îndeplinirea condiției de saturație a tranzistorului T_1), prin divizarea rezistenței R_{c1} 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 repetor pe emitor, ca în figura 3.3.

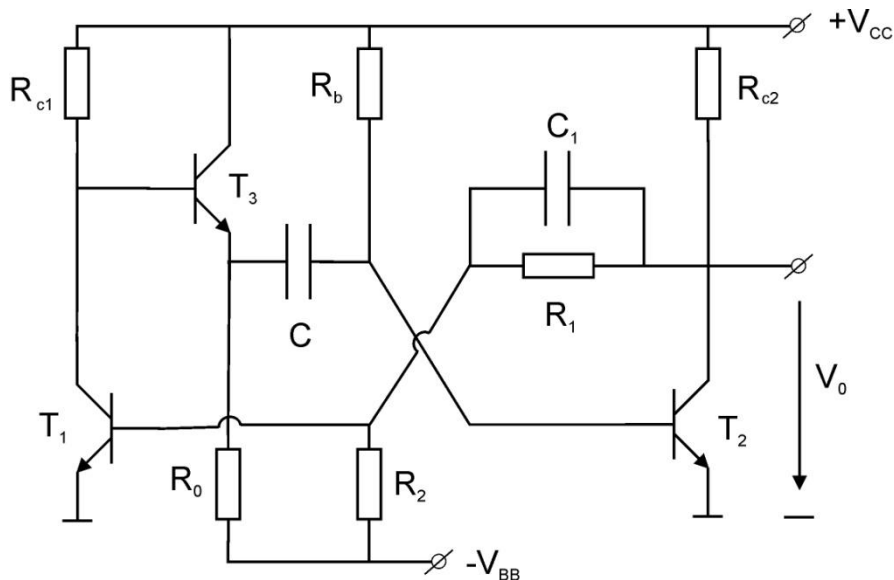


Fig. 3.3 Micșorarea timpului de revenire utilizând un repetor pe emitor

În acest ultim caz, timpul de revenire se micșorează foarte mult, devenind:

$$t_{rev} = 2,3C \left(\frac{R_{c1}}{\beta_0} + \widetilde{\tau}_{ie\check{s}}(T_3) \right) \quad (3.10)$$

unde $\widetilde{r}_{ie\check{s}}(T_3)$ este rezistența de ieșire a tranzistorului T_3 , mediată, având în vedere modificarea curentului prin tranzistor.

3. 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 *figura 3.4.b*, fie prin impulsuri negative, aplicate pe baza tranzistorului T_2 , saturat, obținute printr-un circuit de derivare și de limitare, ca în *figura 3.4.a*. Duratele impulsurilor de declanșare sunt determinate de timpul necesar scoaterii din saturație a tranzistorului T_2 și deblocării tranzistorului T_1 .

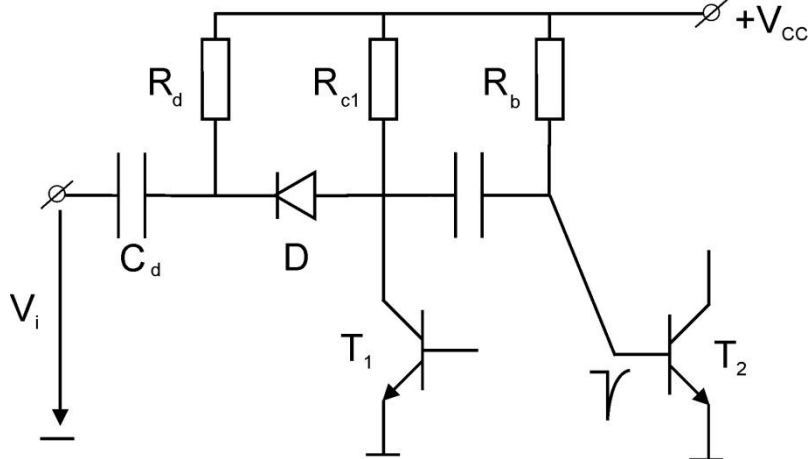


Fig. 3.4 a) Circuit de derivare și limitare utilizat pentru aplicarea impulsurilor de declanșare în colectorul lui T_1

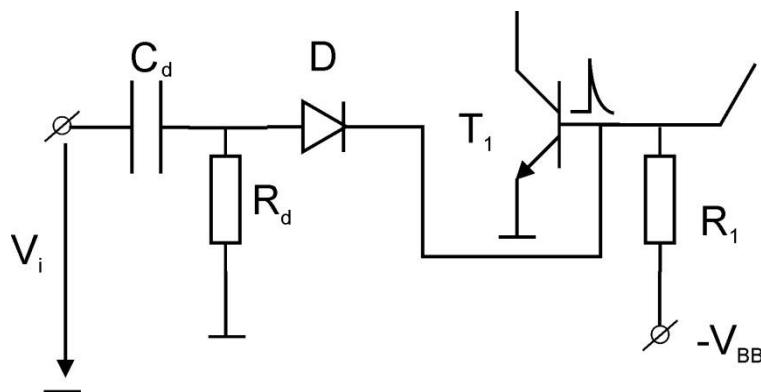


Fig. 3.4 b) Circuit de derivare și limitare utilizat pentru aplicarea impulsurilor de declanșare în baza lui T_1

4. Pentru circuitul basculant astabil cu cuplaj colector-bază reprezentat în *figura 3.5*, formele de undă în diferite puncte ale schemei sunt desenate în *figura 3.6*.

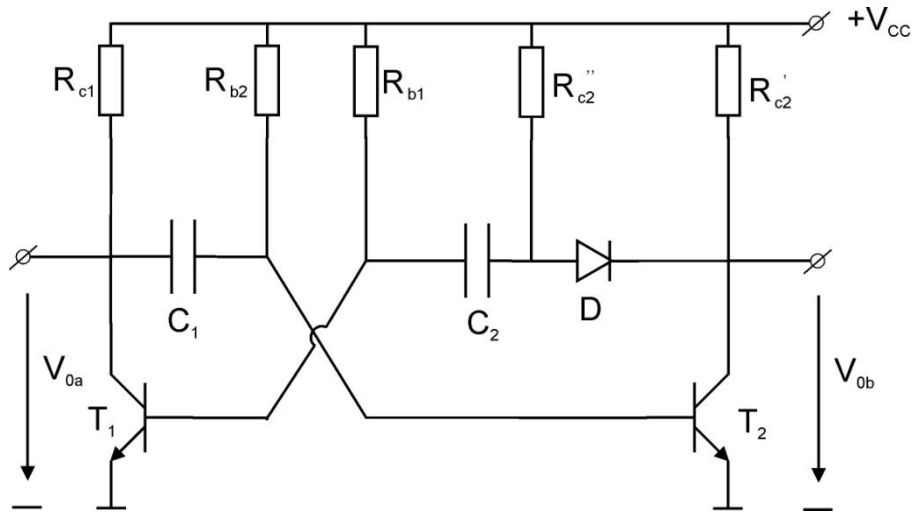


Fig. 3.5 Circuit basculant astabil

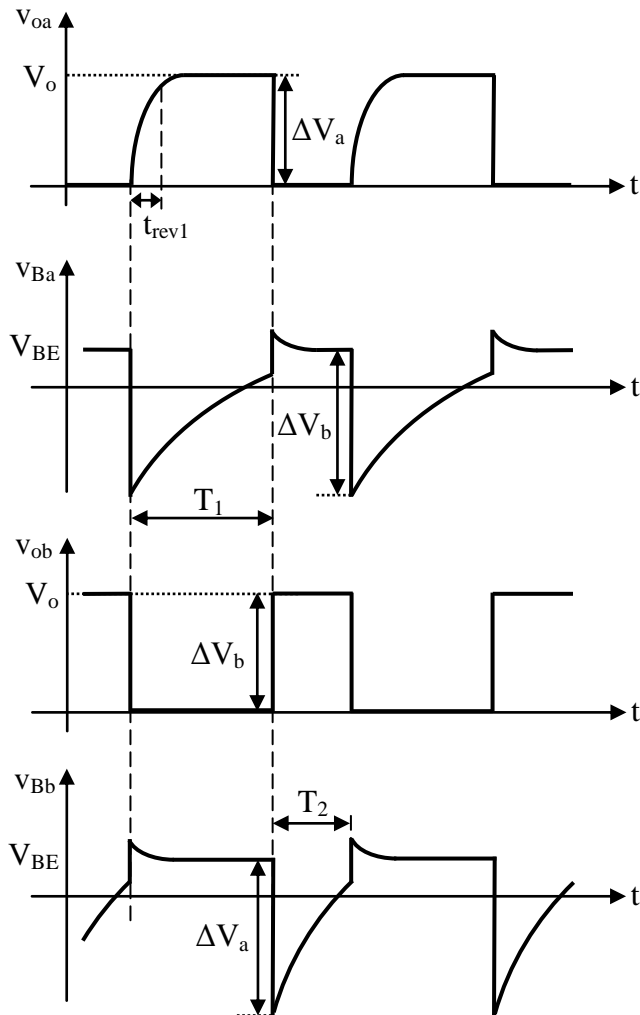


Fig. 3.6 Forme de undă în diferite puncte ale circuitului

Dacă sunt îndeplinite condițiile:

$$t_{rev1} = t_{f1}^+ < T_1 \text{ și } t_{rev2} < T_2 \tag{3.11}$$

se deduc duratele stărilor cvasistabile ale circuitului:

$$T_1 = R_{b2}C_1 \ln 2 \quad (3.12)$$

$$T_2 = R_{b1}C_2 \ln 2 \quad (3.13)$$

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

$$t_{rev1} = t_{f1}^+ \cong 2,3R_{c1}C_1 \quad (3.14)$$

și

$$t_{rev2} = 2,3R_{c2}''C_2 \quad (3.15)$$

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 dioda de izolare D.

Frecvența impulsurilor generate va fi:

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} \quad (3.16)$$

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

$$\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{b1}} > \frac{1}{\beta_1} \left(\frac{V_{CC}}{R_{c1}} + \frac{2V_{CC}}{R_{b2}} \right) \quad (3.17)$$

$$\frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{b2}} > \frac{1}{\beta_2} \left(\frac{V_{CC}}{R_{c2}'} + \frac{V_{CC} - V_D}{R_{c2}''} + \frac{2V_{CC}}{R_{b1}} \right) \quad (3.18)$$

6. Atât pentru circuitul basculant monostabil cât 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.

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se identifică montajul din figura 3.7 în care circuitul basculant monostabil cu cuplaj colector-bază este realizat cu tranzistoarele T_1 și T_2 , circuitele de declanșare sunt realizate cu grupurile C_d' , R_d' și D' respectiv C_d'' , R_d'' și D'' , iar tranzistorul T_3 este folosit ca repetor pe emitor pentru cuplarea capacității C la baza tranzistorului T_2 .

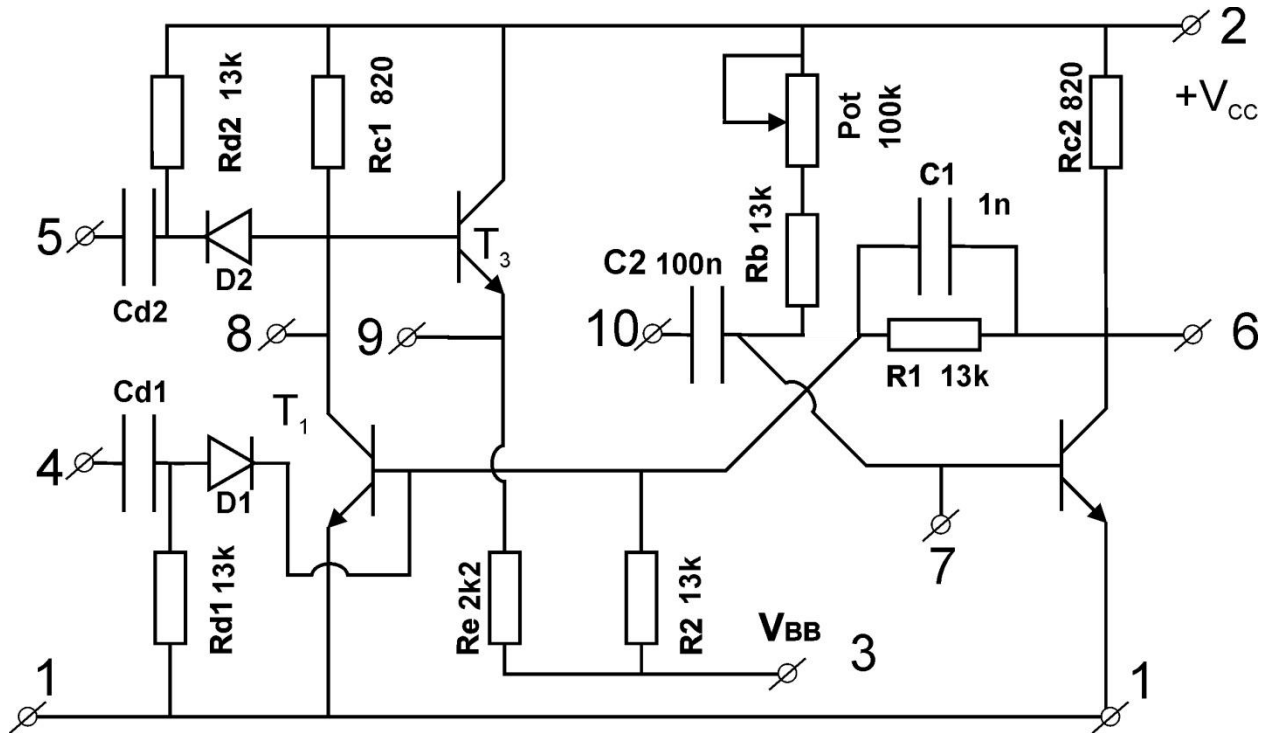


Fig. 3.7 Montajul de laborator – circuitul monostabil

1. Pentru valorile tipice ale factorului de curent al tranzistoarelor folosite, BC548B (din anexă), se verifică condițiile de funcționare ale circuitului, pentru $V_{CC} = 8\text{ V}$ și $V_{BB} = -2\text{ V}$, cu relațiile (3.1), (3.2) și (3.3).

Se calculează durata impulsului pentru cele două valori extreme ale rezistenței R_b (având în vedere că valoarea potențiometrului P este $10\text{ k}\Omega$), cu relația (3.6) și timpul de revenire, cu și fără repetor pe emitor, cu relațiile (3.9) și (3.10).

2. Se conectează capacitatea C la colectorul tranzistorului T_1 (bornele 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 măsurând, cu osciloscopul, tensiunile pe cele două colectoare.

Se aplică impulsuri de declanșare pe baza tranzistorului T_1 (la borna 4) cu frecvența mai mică decât frecvența maximă posibilă, calculabilă cu relația:

$$f_{max} = \frac{1}{T_{max} + t_{rev}}$$

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_0 ; se desenează formele de undă.

Cu $R_b = R_{b_{max}}$ și cu impulsuri de declanșare de 1 μ sec, se mărește frecvența impulsurilor de declanșare și se constată influența ei asupra duratei impulsurilor generate, dacă:

$$\frac{1}{T_{max}} < f < f_{max}$$

3. 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 , determinând 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.

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

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

5. 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 2.

6. Se identifică circuitul basculant astabil din figura 3.8 și, pentru valorile factorilor de curent ai tranzistoarelor utilizate, BC 547B, se verifică condițiile de saturație a tranzistoarelor cu relațiile (3.17) și (3.18). Se va seta $V_{CC} = 8$ V.

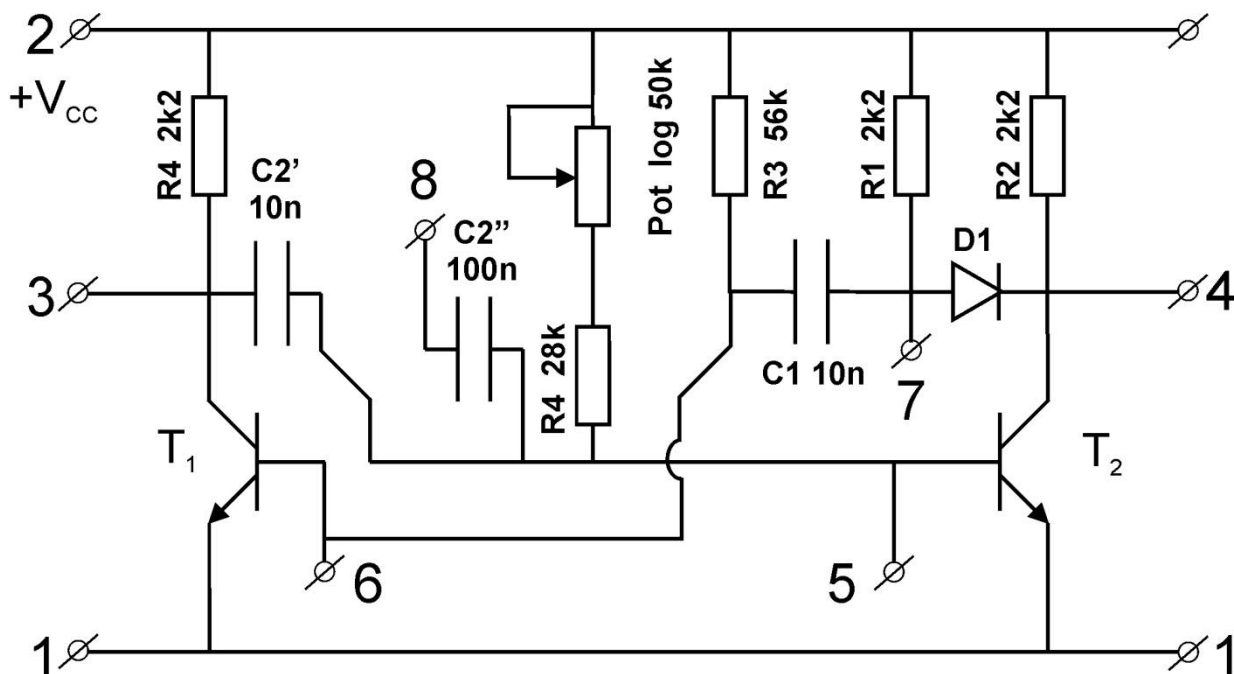


Fig. 3.8 Montajul de laborator – circuitul astabil

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 extreme ale rezistenței R_{b2} ; se vor folosi relațiile (3.12), (3.13), (3.14) și (3.15).

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

R_{b2}	C_2	R_{b2}	C_2	T_1	T_2	t_{rev}	t_{rev2}	t_{f2}^+	f	V_0	
		k Ω	nF	μsec	μsec	μsec	μsec	nsec	kHz	V	
R_{b2min}	C_2'										calculat
											măsurat
	$C_2'+C_2''$										calculat
											măsurat
R_{b2max}	C_2'										calculat
											măsurat
	$C_2'+C_2''$										calculat
											măsurat

8. Cu R_{b2min} și $C_2 = C_2'$, 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.

9. Cerințe:

Referatul va conține:

- schemele circuitelor basculante monostabile realizate și testate (1p);
- formele de undă măsurate în colectoarele tranzistoarelor și în baza tranzistorului T_2 (1p);
- măsurătorile duratei impulsurilor, ale timpului de revenire și ale fronturilor impulsului generat (1p);
- explicații privind efectul temperaturii asupra parametrilor impulsului generat (0,5p);
- alte scheme de reducere a timpului de revenire (în afara celei studiate în lucrare) (se recomandă utilizare cursului) (1p);
- schema circuitului basculant astabil studiat în lucrare (1p);
- formele de undă măsurate în colectoarele și în bazele tranzistoarelor circuitului (1p);
- tabelul 1 cu rezultatele măsurătorilor și calculelor efectuate cu relațiile (3.12), (3.13), (3.14), (3.15) și (3.16) (2p);
- explicarea influenței tensiunii de alimentare asupra frecvenței impulsurilor generate (0,5p);
- cum se poate modifica, în limite foarte mari, factorul de umplere al impulsurilor generate (0,5p)?
- care este influența factorului de curent al tranzistorului asupra formelor de undă (0,5p)?