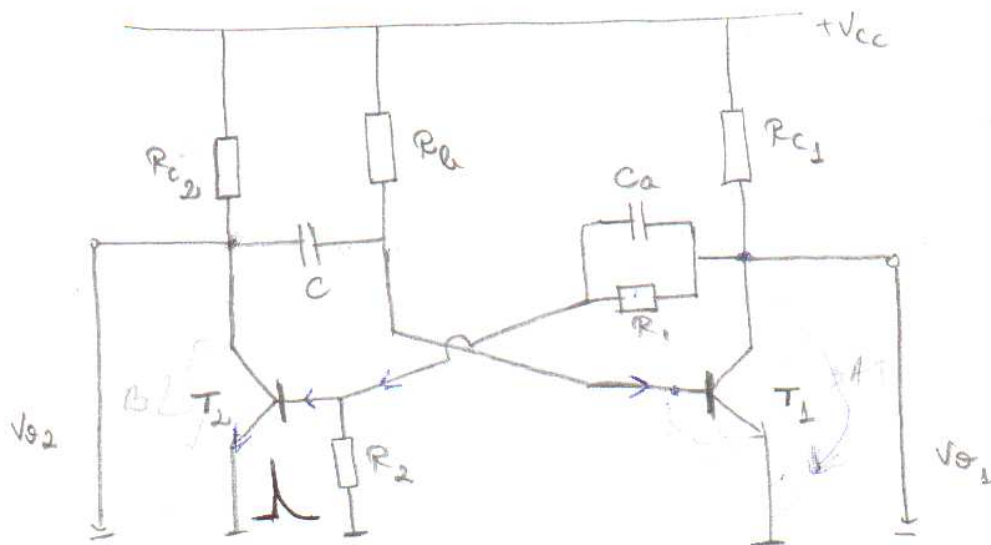


## Circuitul bistabil cu TBI P



### • Funcționare:

În starea stabilă, tranzistorul  $T_1$  este saturat, iar  $T_2$  este blocat. La aplicarea unui impuls de declanșare pozitiv pe baza tranzistorului  $T_2$ , tranzistorul  $T_2$  trece în RAN, tensiunea din colectorul lui  $T_2$  scade și această scădere este transmisă prin capacitatea  $C$  pe baza tranzistorului  $T_1$  pe care îl scoate din saturatie. Tensiunea de colector a lui  $T_2$  crește, creșterea se transmite prin capacitatea  $C_2$  pe baza tranzistorului  $T_2$ .  $\Rightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} T_2 \text{ intră în saturatie} \\ T_1 \text{ se blochează.} \end{array} \right.$

În starea crasi stabilă, capacitatea  $C$  se încarcă de la sursa de alimentare  $V_{cc}$  prin rezistența  $R_1$  și prin tranzistorul  $T_2$  saturat și determină creșterea tensiunii pe baza lui  $T_1$  până se atinge tensiunea de deschidere a acestuia. În urma deschiderii tranzistorului  $T_1$ ,  $T_2$  iese și el din saturatie și se revine la starea inițială.

### • Condiții de saturatie

- pentru tranzistorul  $T_2$ :

$$I_{B2} > I_{BS12}$$

$$I_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{C1} + R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2}$$

$$I_{B_{Si2}} = \left( \frac{V_{CC}}{R_{C2}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_{L1}} \right) \cdot \frac{1}{\beta_0} \Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{C1} + R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} > \left( \frac{V_{CC}}{R_{C2}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_{L1}} \right) \cdot \frac{1}{\beta_0}$$

- pentru tranzistorul  $T_1$ :

$$I_{B1} > I_{B_{Si1}}$$

$$I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{L1}}$$

$$I_{B_{Si1}} = \frac{1}{\beta_0} \left( \frac{V_{CC} - V_{CE_{sat}}}{R_{C1}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{L1}} = \frac{1}{\beta_0} \cdot \frac{V_{CC} - V_{CE_{sat}}}{R_{C1}}$$

• Blocarea tranzistorului este asigurată.

- pentru tranzistorul  $T_1$ :
  - prin salt de tensiune negativă din colectorul lui  $T_2$
- pentru tranzistorul  $T_2$ :

$$\begin{aligned} V_{BE2} &< V_{BE0} \\ V_{BE2} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CE_{sat1}} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CE_{sat1}} < V_{BE0}$$

• Amplitudinea tensiunii de ieșire

$$V_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_{C1}} \cdot V_{CC} + \frac{R_{C1}}{R_1 + R_{C1}} V_{BE} \cong \frac{R_1}{R_1 + R_{C1}} V_{CC} \cong V_{CC} \quad (R_1 \gg R_{C1})$$

• Determinarea parametrilor formelor de undă:

- colectorul lui  $T_1$  ( $v_0, t_f^+$ ):

$$v_0(t) = v_0(\infty) + [v_0(0) - v_0(\infty)] e^{-t/\tau}$$

$\downarrow$   
 $V_0$

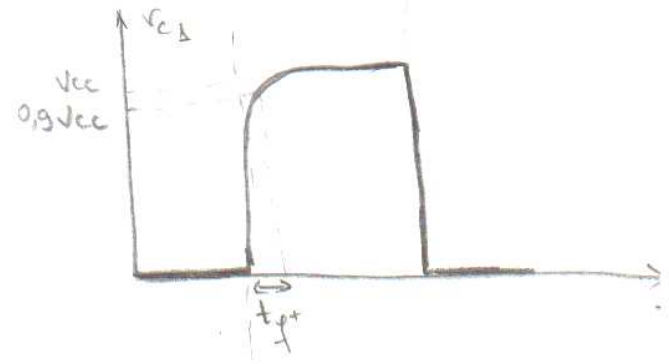
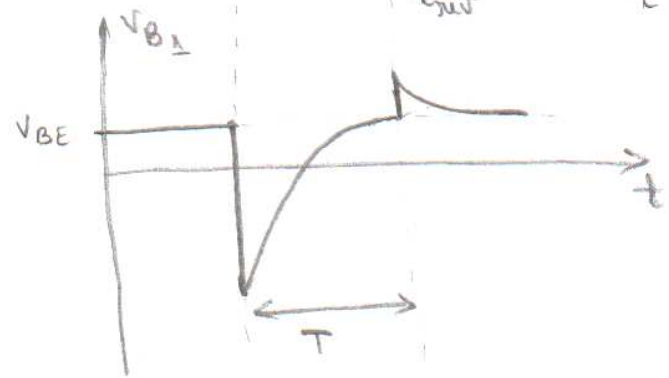
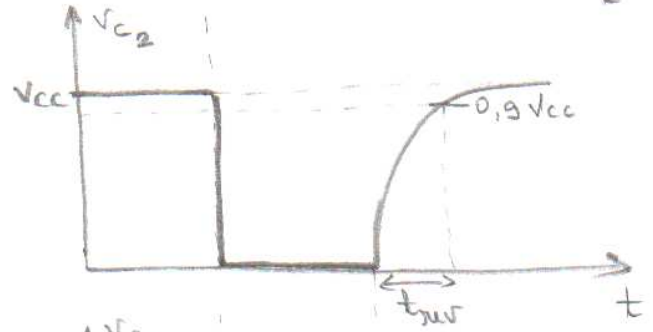
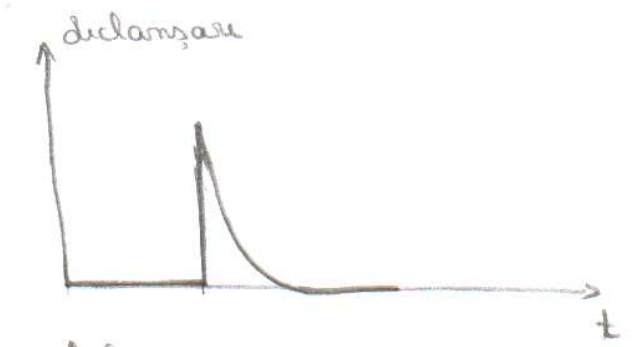
$\downarrow$   
 $0$

$\downarrow$   
 $V_0$

$$\tau = C_a \cdot R_1 \parallel R_{C1} \cong C_a \cdot R_{C1}$$

$$v_0(t) = V_0 \left( 1 - e^{-t/\tau} \right)$$

$$v_0(t_f^+) = 0,9 V_0 \Rightarrow e^{-t_f^+/\tau} = \frac{1}{10} \Rightarrow \boxed{t_f^+ = 2,3\tau} \quad (f. mic)$$



- baza lui  $T_1 (T)$

$$v_{B_1}(t) = v_{B_1}(\infty) + [v_{B_1}(0) - v_{B_1}(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C \cdot R_{eq}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                        $V_{BE} - V_{CC}$                        $V_{CC}$

$$v_{B_1}(t) = V_{CC} + [V_{BE} - 2V_{CC}] e^{-t/\tau}$$

$$v_{B_1}(T) = V_{BE} \quad \Bigg| \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{BE} = V_{CC} + (V_{BE} - 2V_{CC}) e^{-T/\tau}$$

$$e^{-T/\tau} = \frac{V_{BE} - V_{CC}}{V_{BE} - 2V_{CC}}$$

$$T = \tau \ln \frac{V_{BE} - 2V_{CC}}{V_{BE} - V_{CC}} \approx \tau \ln 2$$

$$T = C \cdot R_{eq} \ln 2$$

- selectorul lui  $T_2 (t_{sur})$ :

$$v_{B_2}(t) = v_{B_2}(\infty) + [v_{B_2}(0) - v_{B_2}(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C \cdot R_{eq_2}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                        $0$                        $V_{CC}$

$$v_{B_2}(t) = V_{CC} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_{B_2}(t_{sur}) = 0,9 V_{CC}$$

$$\Bigg| \Rightarrow e^{-t_{sur}/\tau} = \frac{1}{10}$$

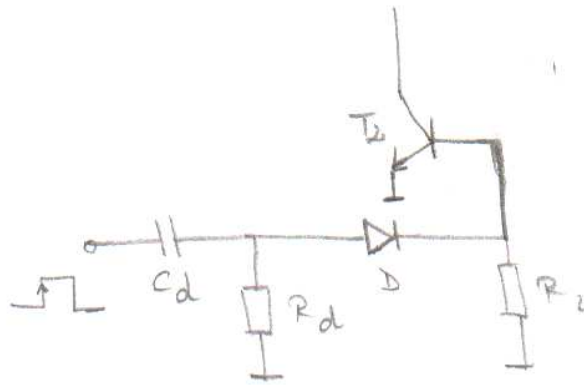
$$t_{sur} = \tau \ln 10$$

$$t_{sur} = 2,3 C R_{eq_2}$$

- frecvența:

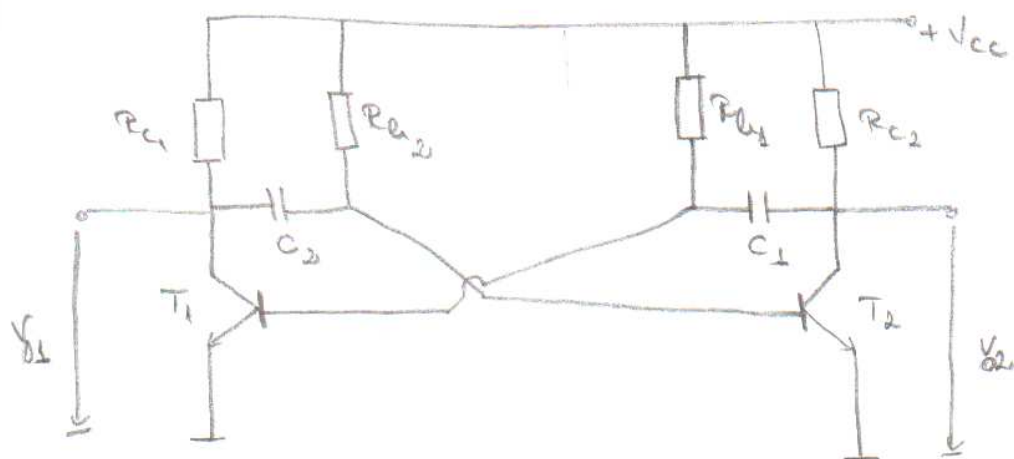
$$f_{max} = \frac{1}{T + t_{sur}}$$

- Declanșarea CBM se poate face prin aplicarea unei impulsuri de declanșare pozitive pe baza lui  $T_2$  folosind un circuit de divizare și limitare:





## Circuitul basculant astabil cu TBIP



### • Funcționare:

Circuitul basculant astabil nu are nici o stare stabilă. El prezintă două stări rezistabile între care comută la intervale de timp determinate numai de elementele circuitelor de temporizare conduse.

Inițial, ambele tranzistoare sunt în RAN, dar la o fațetă ușoară nesimetrii a evoluției curenților prin cele două tranzistoare, circuitul trece într-una din cele două stări rezistabile.

Să presupunem că  $i_{C1}$  crește  $\Rightarrow$  tensiunea din colectorul lui  $T_1$  scade. Scăderea este transmisă prin  $C_2$  pe baza lui  $T_2 \Rightarrow i_{B2}$  scade  $\Rightarrow i_{C2}$  scade  $\Rightarrow$  tensiunea din colectorul lui  $T_2$  crește, creșterea este transmisă prin  $C_1$  pe baza lui  $T_1 \Rightarrow i_{B1}$  crește  $\Rightarrow i_{C1}$  crește, închizându-se bucla de reacție  $\Rightarrow T_1$  se saturează și  $T_2$  se blochează. (Stare  $S_1$ )

Capacitatea  $C_2$  se încarcă de la rețea de alimentare  $V_{cc}$  prin rezistența  $R_{c1}$  și prin  $T_1$ , ceea ce duce la creșterea tensiunii de pe baza lui  $T_2$  până se atinge tensiunea de deschidere a acestuia. Se inițiază un proces de comutație, la sfârșitul căruia, circuitul trece în stare  $S_2$  cu  $T_1$  blocat și  $T_2$  saturat.

- Condiții de saturare:

- pentru  $T_1$ :

$$i_{B1} > i_{BS11}$$

$$i_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{B1}}$$

$$i_{BS11} = \frac{1}{\beta_{01}} \left( \frac{V_{CC}}{R_{C1}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_{B2}} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{B1}} > \frac{1}{\beta_{01}} \left( \frac{V_{CC}}{R_{C1}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_{B2}} \right)$$

- pentru  $T_2$ :

$$i_{B2} > i_{BS12} \Rightarrow \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_{B2}} > \frac{1}{\beta_{02}} \left( \frac{V_{CC}}{R_{C2}} + \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_{B1}} \right)$$

- Condiții de liberare:

- realizate prin salturi de tensiune din colector sau bază alui alt transistor.

- Determinarea parametrilor formelor de unde:

- colectorul lui  $T_1$ :

$$v_{01}(t) = v_{01}(\infty) + [v_{01}(0) - v_{01}(\infty)] e^{-t/\tau}$$

$\downarrow$   
 $V_{CC}$

$\downarrow$   
 $0$

$\tau = C_2 R_{C1}$

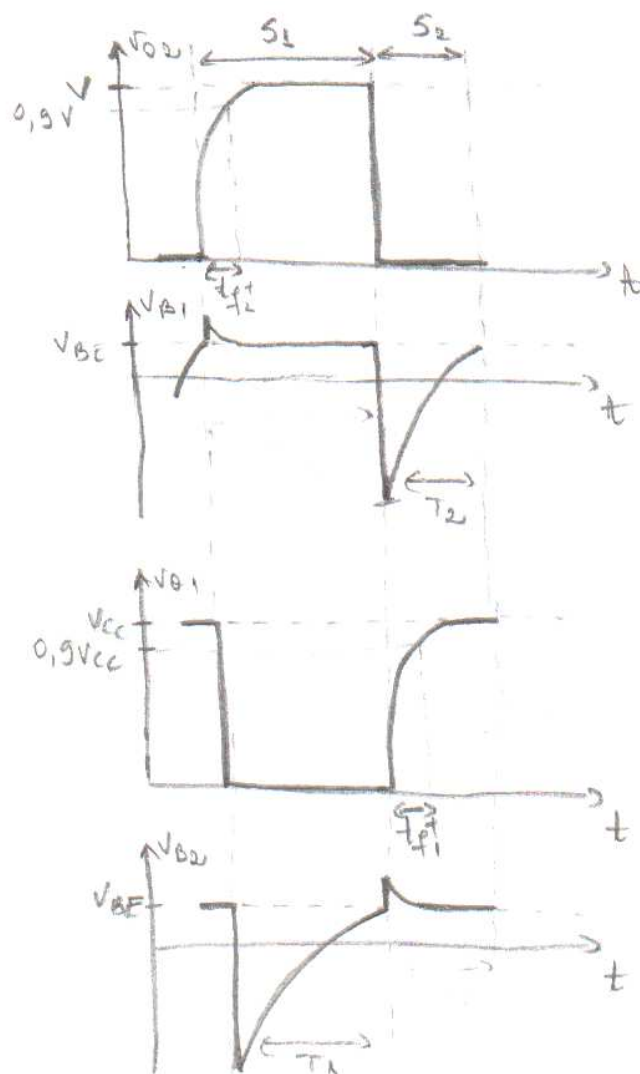
$$v_{01}(t) = V_{CC} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_{01}(t_{f1}^+) = 0,9 V_{CC}$$

$$\Rightarrow e^{-t_{f1}^+/\tau} = \frac{1}{10}$$

$$t_{f1}^+ = \tau \ln 10$$

$$\boxed{t_{f1}^+ = 2,3 C_2 R_{C1}}$$



- laza lui  $T_1$ :

$$v_{B_1}(t) = v_{B_1}(\infty) + [v_{B_1}(0) - v_{B_1}(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C_1 R_{e1}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                        $V_{BE} - V_{CC}$                        $V_{CC}$

$$v_{B_1}(t) = V_{CC} + [V_{BE} - 2V_{CC}] e^{-t/\tau}$$

/  $\Rightarrow$

$$v_{B_1}(T_2) = V_{BE}$$

$$\Rightarrow V_{BE} - V_{CC} = (V_{BE} - 2V_{CC}) e^{-T_2/\tau}$$

$$e^{-T_2/\tau} = \frac{V_{BE} - V_{CC}}{V_{BE} - 2V_{CC}}$$

$$T_2 = \tau \ln \frac{V_{BE} - 2V_{CC}}{V_{BE} - V_{CC}} \cong C_1 R_{e1} \ln 2$$

- calculul lui  $T_2$ :

$$v_{B_2}(t) = v_{B_2}(\infty) + [v_{B_2}(0) - v_{B_2}(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C_1 R_{e2}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                       0                       $V_{CC}$

$$v_{B_2}(t) = V_{CC} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$v_{B_2}(t_{f2}^*) = 0,9 V_{CC}$$

/  $\Rightarrow$   $\boxed{t_{f2}^* = 2,3 C_1 R_{e2}}$

- laza lui  $T_2$ :

$$v_{B_2}(t) = v_{B_2}(\infty) + [v_{B_2}(0) - v_{B_2}(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C_2 R_{e2}$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                        $V_{BE} - V_{CC}$                        $V_{CC}$

$$v_{B_2}(t) = V_{CC} + (V_{BE} - 2V_{CC}) e^{-t/\tau}$$

$$v_{B_2}(T_1) = V_{BE} \Rightarrow \boxed{T_1 \cong C_2 R_{e2} \ln 2}$$

• Perioada impulsurilor

$$T_0 = T_1 + T_2 = (C_1 R_{e1} + C_2 R_{e2}) \ln \frac{V_{BE} - 2V_{CC}}{V_{BE} - V_{CC}} \cong (C_1 R_{e1} + C_2 R_{e2}) \ln 2$$



• Creșterea impulsurilor

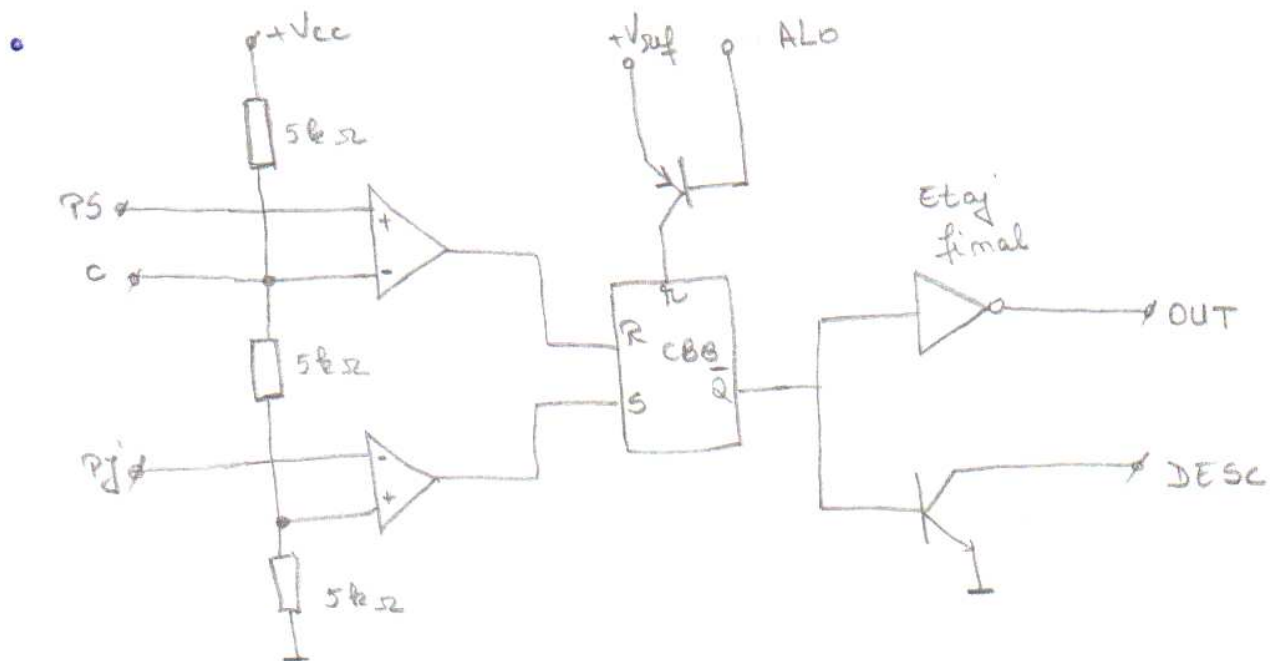
$$f = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2 C R_{eq} \ln 2} \quad (\text{pt CBA simetric})$$

• Factorul de umplea

$$\gamma = \frac{T_1}{T_0} = \frac{C_1 R_{eq1}}{C_1 R_{eq1} + C_2 R_{eq2}}$$

$$\gamma = 0,5 \quad (\text{pt CBA simetric}).$$

# Circuit de temporizare cu integratorul 555



## Structura internă

Este un circuit de temporizare integrat, monolitic, bipolara, foarte versatil: monostabil, astabil, generator de diferite forme de undă.

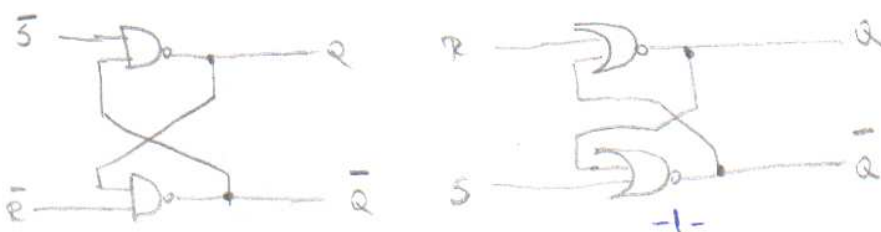
Datorită modului de control al tensiunilor din rețeaua externă de temporizare, prin compararea de bună calitate, precizie obținută pentru temporizări la variații ale tensiunii de alimentare, ale temperaturii sau în timp este foarte bună.

## Componentele circuitului

- comparator "sus" - P5 - cu pragul  $V_{PH} = \frac{2}{3} V_{CC}$
- comparator "jos" - Pj - cu pragul  $V_{PL} = \frac{1}{3} V_{CC}$

(pragurile sunt precis determinate de divizorul format din 3 rezistențe de 5kΩ prin care circulă un curent mult mai mare decât curentul de intrare al comparatoarelor)

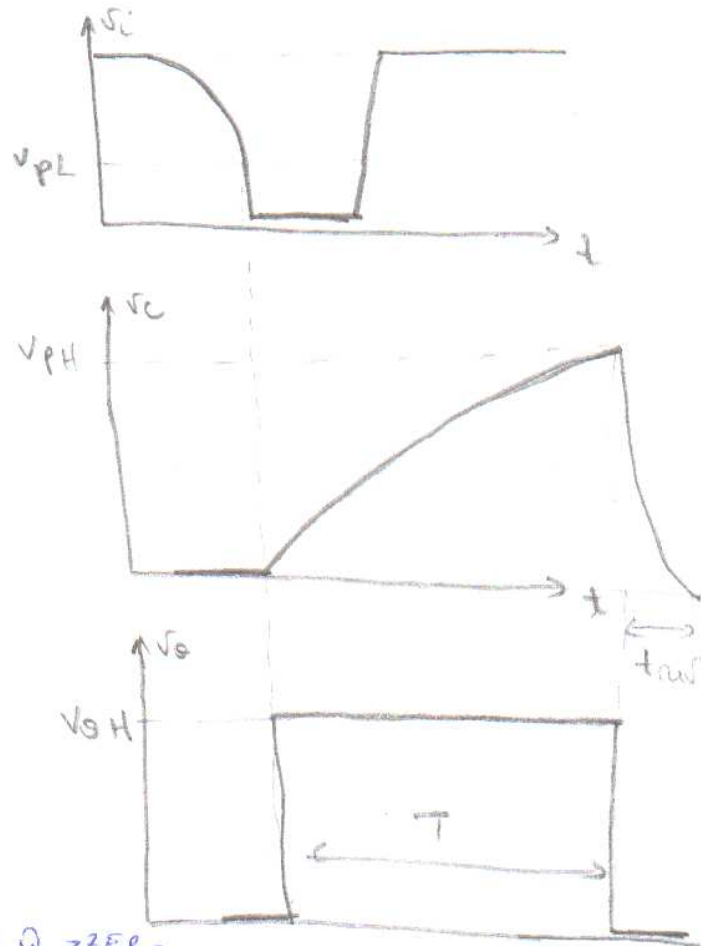
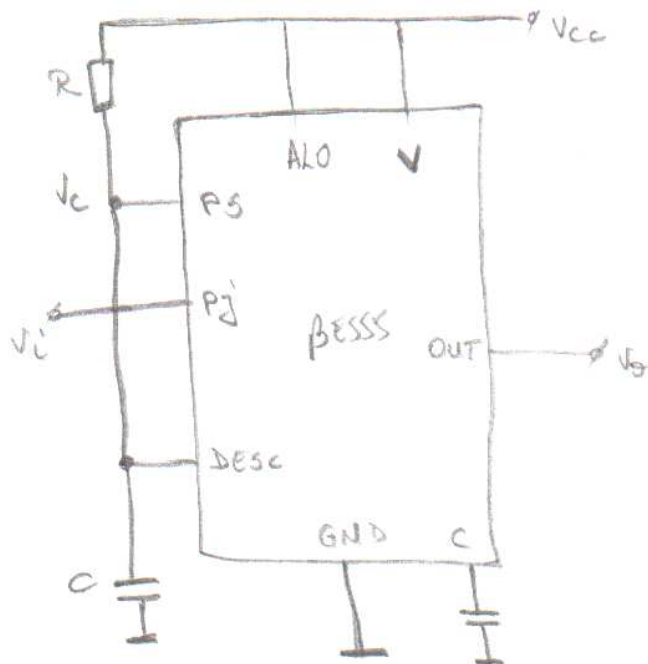
- un circuit CBB de tip RS cu tabela de adevăr.



R	S	Q	Q̄
0	0	0	1
1	0	1	0
0	1	?	?
1	1	Q	Q̄

- un tranzistor de descărcare, conectat la ieșire CBB.
- un etaj final, de tip inversor, conectat la ieșire CBB, capatul său arizuară suverent masă în oarcină (până la 200mA)
- un circuit de aducere la zero, ALO, prin care se poate întrerupe rickel normal al timer-ului

#### • CBB cu 555



- până la aplicarea impulsului negativ, CBB este în stare cu  $Q = 0$
- ⇒ tranzistorul de descărcare este saturat și capacitatea de temporizare este derecctă.
- la aplicarea impulsului de comandă, pe intrarea P3', la trecere prin  $V_{PL} = \frac{1}{3} V_{CC}$ , CBB trece în stare  $Q = 1$ .
- ⇒ tranzistorul de descărcare se blochează și ieșirea etajului final trece în 1.
- capacitatea de temporizare se încarcă prin rezistență de la reșea de alimentare, după legea:

$$V_C(t) = V_C(\infty) + [V_C(0) - V_C(\infty)] e^{-t/\tau} \quad , \tau = RC$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $V_{CC}$                       0                       $V_{CC}$

$$\Rightarrow V_C(t) = V_{CC} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$V_c(T) = V_{PH} = \frac{2}{3} V_{CC}$$

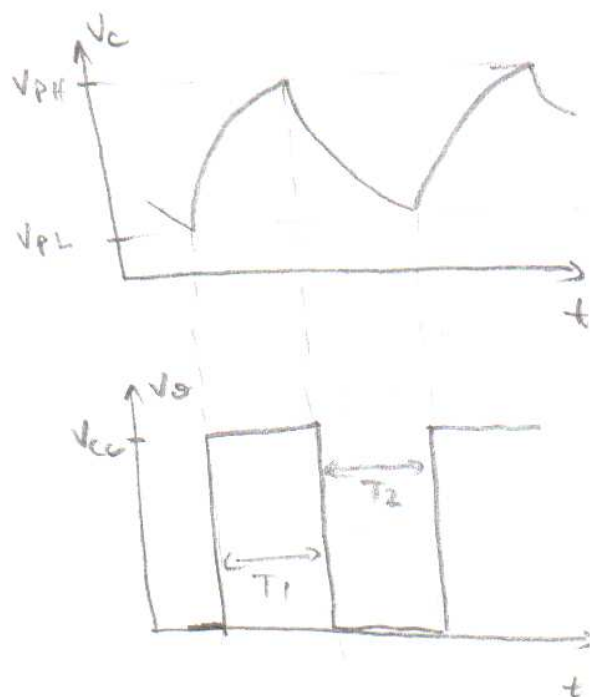
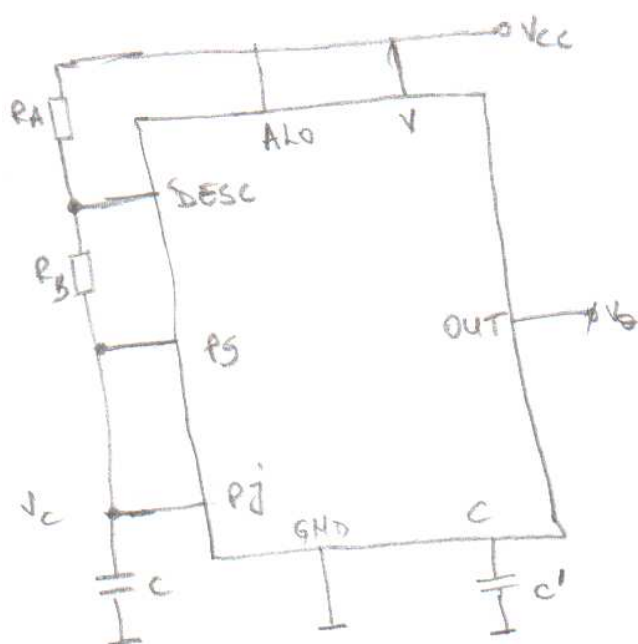
$$\Rightarrow \frac{2}{3} V_{CC} = (1 - e^{-T/\tau}) V_{CC}$$

$$e^{-T/\tau} = \frac{1}{3} \Rightarrow T = \tau \ln 3$$

$$\boxed{T = RC \ln 3}$$

- timpul de revenire este foarte mic si este dat de tranzistorul de descarcare care merge repede saturatie.

### • CBA cu 555



• pe durata  $T_1$ ,  $Q = UNV \Rightarrow$  tranzistorul de descarcare este blocat capacitativ se incarca de la  $V_{PL}$  catre  $V_{CC}$

$$V_c(t) = V_c(\infty) + [V_c(0) - V_c(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C(R_A + R_B)$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $V_{CC}$   $V_{PH}$   $V_{CC}$

$$V_c(t) = V_{CC} + [V_{PL} - V_{CC}] e^{-t/\tau}$$

$$V_c(T_1) = V_{PH} = \frac{2}{3} V_{CC}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} V_{CC} = V_{CC} + [\frac{1}{3} V_{CC} - V_{CC}] e^{-T_1/\tau}$$

$$\frac{2}{3} V_{CC} = V_{CC} \left(1 - \frac{2}{3} e^{-T_1/\tau}\right) \Rightarrow \frac{2}{3} e^{-T_1/\tau} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow T_1 = \tau \ln 2 \Rightarrow \boxed{T_1 = C(R_A + R_B) \ln 2}$$



- pe durata  $T_2$ ,  $Q = ZEL0 \Rightarrow$  tranzistorul de descărcare este saturat și, capacităția se descarcă de la  $V_{PH}$  către 0.

$$v_c(t) = v_c(\infty) + [v_c(0) - v_c(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = CR_B$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 0 & V_{PH} & 0 \end{array}$$

$$v_c(t) = V_{PH} e^{-t/\tau}$$

$$v_c(T_2) = V_{PL} = \frac{1}{3} V_{CC} \quad \left| \Rightarrow \frac{1}{3} V_{CC} = \frac{2}{3} V_{CC} e^{-T_2/\tau} \right.$$

$$T_2 = \tau \ln 2$$

$$\boxed{T_2 = CR_B \ln 2}$$

- perioada impulsurilor:

$$T_0 = T_1 + T_2 = C(R_A + 2R_B) \ln 2$$

- frecvența impulsurilor:

$$f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{C(R_A + 2R_B) \ln 2}$$

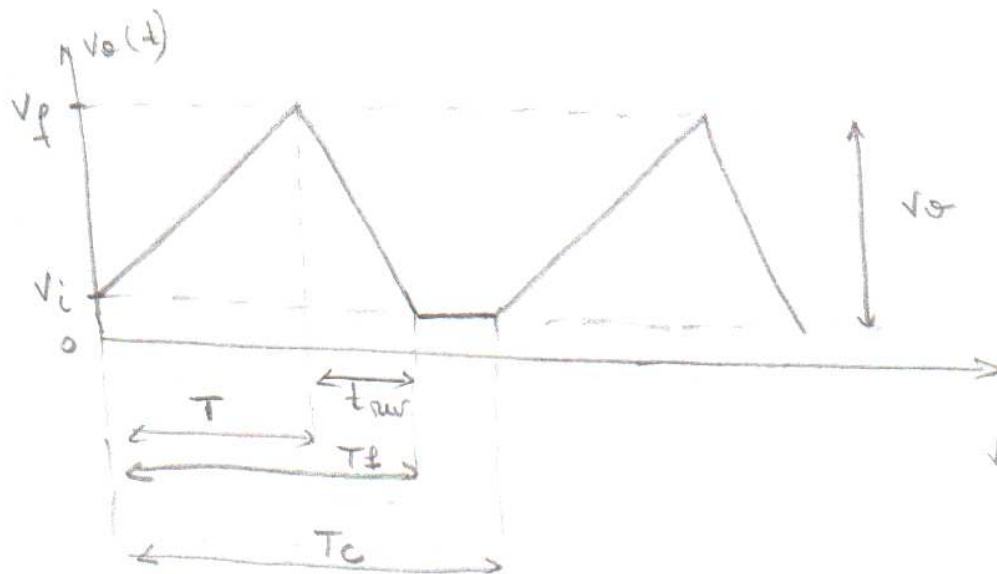
- factorul de umplere:

$$\gamma = \frac{T_1}{T_0} = \left[ \frac{C(R_A + 2R_B) \ln 2}{C(R_A + R_B) \ln 2} \right]^{-1} = \left[ \frac{R_A + 2R_B}{R_A + R_B} \right]^{-1} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

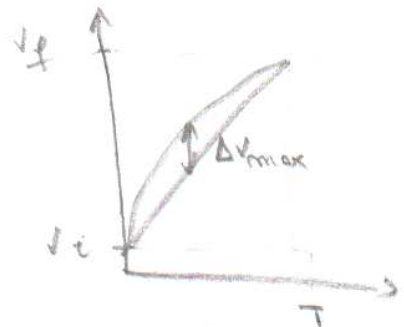
## Generatoare de tensiune liniar variabile

- realizează într-o sarcină dată o tensiune  $v(t)$  a cărei variație în anumite intervale de timp, se face liniar.
- aplicații: televiziune, osciloscopie, aparatură digitală, convertor A/D, D/A, interfețe pentru calculatoare.

Forma de undă pentru un TLV și parametrii ei:

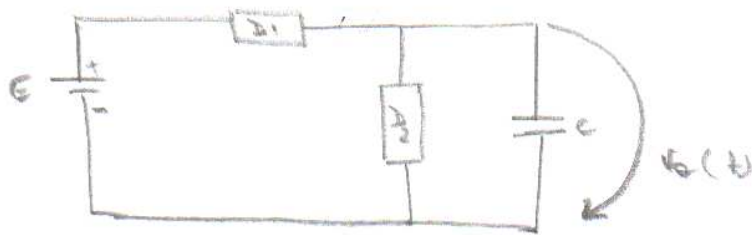


$$v_o(t) = V_i + k(t - t_0)$$

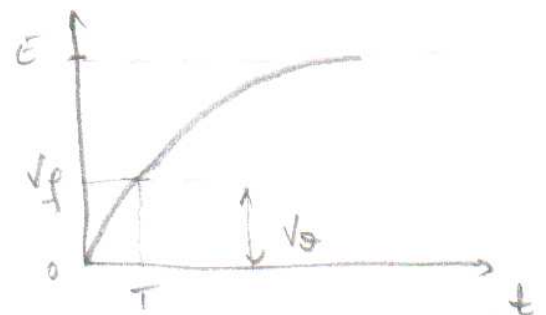
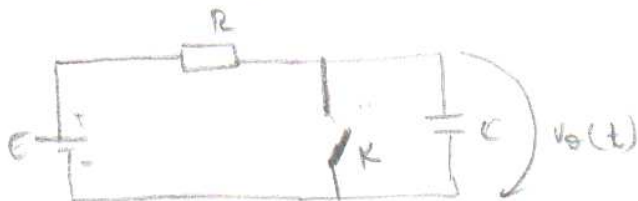


- $T$  - durată TLV (durată cursei active)
  - valori între  $\mu s$  de ms până la  $\mu s$  de minute
  - valoarea minimă este limitată de capacitățile parazite, puterea disipată maximă
  - valoarea maximă este limitată de valoarea maximă a capacității care poate fi folosită, rezistența maximă, curenții reziduale
- $t_{ruv}$  - timpul de revenire, se alege limitări
  - trebuie să fie mai mic decât  $T$
- $V_o = V_f - V_i$  - amplitudinea TLV
- $T_f = T + t_{ruv}$  - perioada impulsurilor dacă lucratoarele oscilator.
- $T_c$  - perioada impulsurilor de comandă.
- $\varepsilon = \frac{\Delta v_{max}}{V} \%$  - abatere de la liniaritate; util:  $< 1\%$

• Schema de principiu



- C se încarcă prin dipolul de încărcare  $D_1$  ce poate fi realizat:
  - [ dintre o rezistență fixă conectată la o sursă de alimentare
  - [ dintre un generator de curent simplu sau compus
- C se descarcă prin dipolul de descărcare  $D_2$  cu rezistență echivalentă mică:
  - [ TIP în conducție (esențial în saturatie)
  - [ un transistor amorțit
- cel mai simplu model: încărcare repetitivă printr-o rezistență fixă de la o sursă de tensiune fixă:



$$v_C(t) = \underset{\substack{\downarrow \\ E}}{v_C(\infty)} + \left[ \underset{\substack{\downarrow \\ 0}}{v_C(0)} - \underset{\substack{\downarrow \\ E}}{v_C(\infty)} \right] e^{-t/\tau}$$

$$\tau = RC$$

$$v_C(t) = E \left( 1 - e^{-t/\tau} \right)$$

$$\text{Pentru } t \leq T \leq RC : v_C(t) = \frac{E}{RC} t$$

Coefficientul de neliniaritate:

$$\varepsilon = \frac{1}{8} \frac{T}{RC} \%.$$

$$\text{Pentru } \varepsilon < 1\% \Rightarrow T \ll RC$$

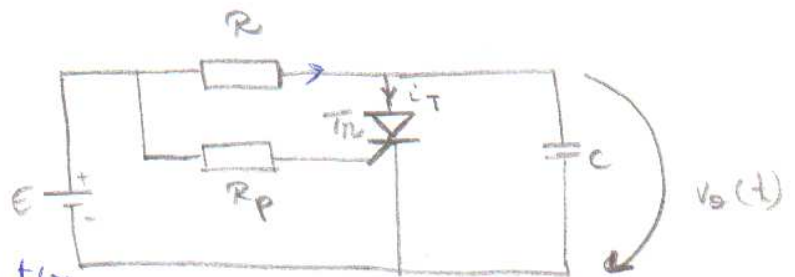


## Încărcarea și performanțele

- introducerea capacității în lucru de reacție negativă a unui amplificator cu amplificarea de tensiune negativă,  $-A$ , care a determinat, prin efect Miller, multiplicarea capacității de  $(1-A)$  ori  $\Rightarrow$  micșorarea lui  $\epsilon$ ; GTLV de tip Miller
- introducerea rezistenței în lucru de reacție pozitivă a unui amplificator cu amplificarea de tensiune pozitivă,  $A$ , rezultând care a determinat, micșorarea prin feedback de  $\frac{1}{1-A} \Rightarrow$  micșorarea lui  $\epsilon$ ; GTLV de tip bootstrap
- încărcarea capacității printr-un generator de curent constant realizat cu TBIP, TEC, sau AO.

### • GTLV cu tiristor

- încărcarea capacității:



$$V_s(t) = V_s(\infty) + [V_s(0) - V_s(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = RC$$

$\downarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
 $E$                        $V_0$                        $E$

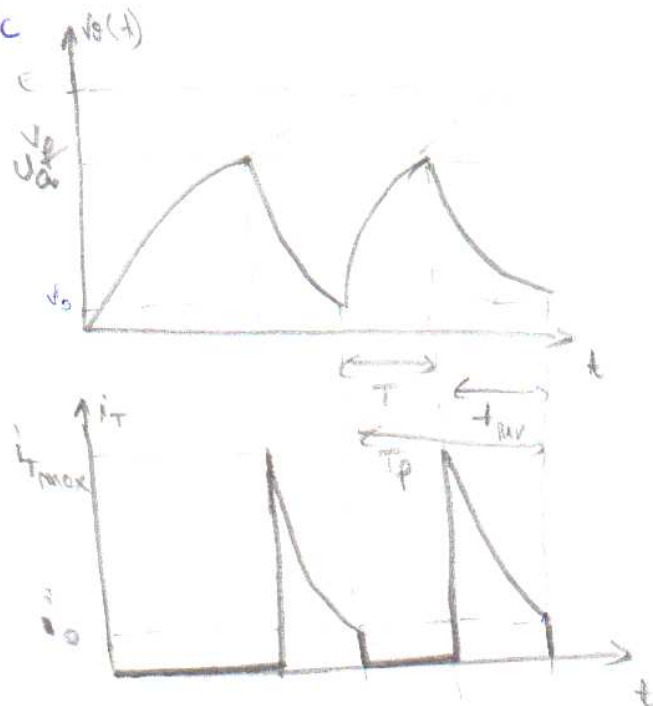
$$V_s(t) = E + (V_0 - E) e^{-t/\tau}, \quad \tau = RC$$

$$V_s(T) = V_a, \quad V_a = \text{tensiune de amorțire}$$

$$\Rightarrow V_a = E + (V_0 - E) e^{-T/\tau}$$

$$e^{-T/\tau} = \frac{V_a - E}{V_0 - E}$$

$$T = \tau \ln \frac{V_0 - E}{V_a - E}$$



- descărcarea capacității:

$$V_s(t) = V_s(\infty) + [V_s(0) - V_s(\infty)] e^{-t/\tau}, \quad \tau = C \cdot (R_M)$$

$\downarrow$                        $\uparrow$                        $\downarrow$   
 $0$                        $V_a$                        $0$

$$V_0(t) = V_a e^{-t/\tau}$$

$$I_T = \frac{E - V_0}{R + R} + \frac{V_a - V_0}{R} e^{-t/\tau}$$



$$i_T(t_{ms}) = i_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i_0 = \frac{E - V_0}{R + R} + \frac{V_a - V_0}{R} e^{-t/\tau_{ms}}$$

$$e^{-t/\tau_{ms}} = \frac{i_0 - \frac{E - V_0}{R + R}}{\frac{V_a - V_0}{R}}$$

$$t_{ms} = \tau_{ms} \ln \frac{\frac{V_a - V_0}{R}}{i_0 - \frac{E - V_0}{R + R}}$$

Coefficientul de neliniaritate:

$$\varepsilon = \frac{T}{8RC} \%.$$