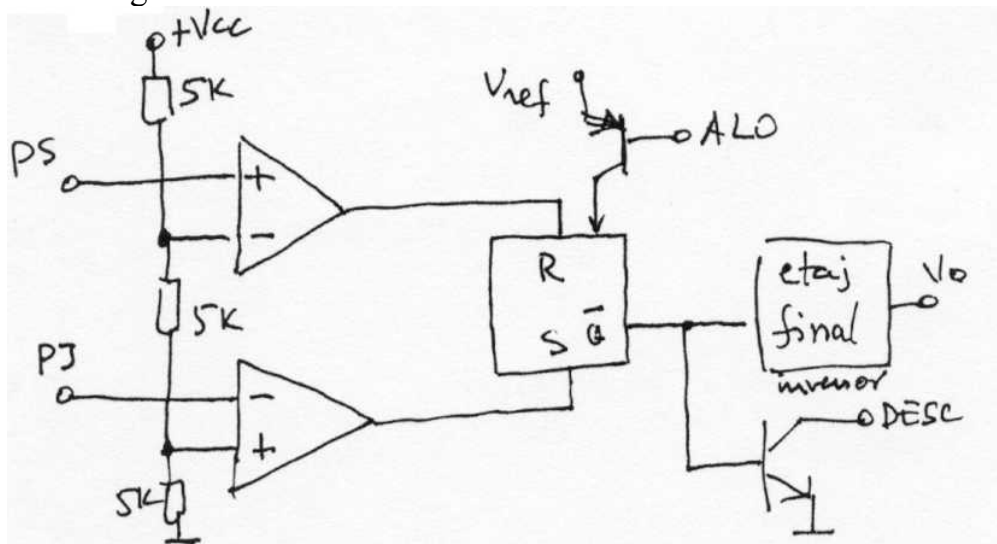


## 9. Circuit de temporizare integrat 555

- circuit de temporizare integrat monolitic bipolar foarte versatil: monostabil, astabil, generator de diferite forme de undă;
- datorită modului de control al tensiunilor din rețeaua externă de temporizare, prin comparatoare de bună calitate, precizia obținută pentru temporizări la variații ale tensiunii de alimentare, ale temperaturii sau în timp, este foarte bună;

\* schema logică:

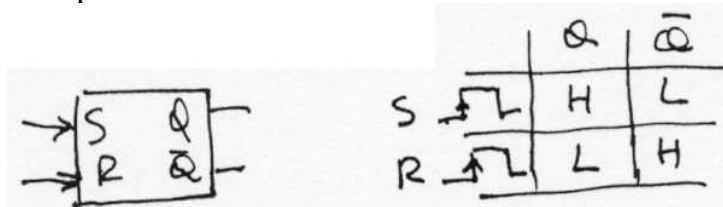


\* componentele circuitului:

- comparator “sus”, PS, 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  $5k\Omega$  prin care circulă un curent mult mai mare decât curentul de intrare al comparatoarelor);

- un CBB de tip SR cu tabela de adevăr:



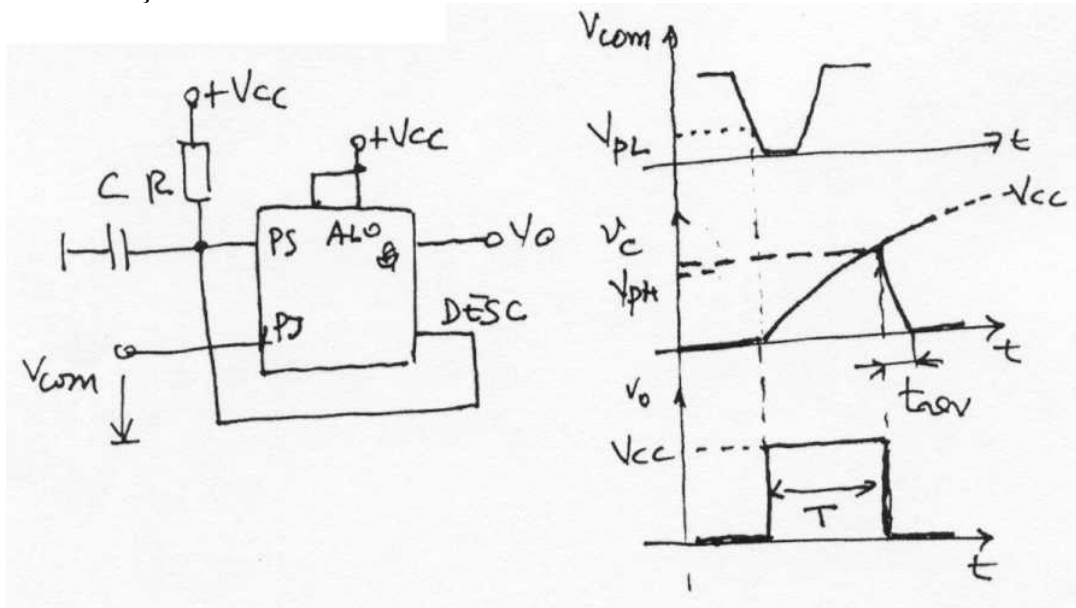
- un tranzistor de descărcare, conectat la ieșirea CBB;
- un etaj final, de tip inversor, conectat la ieșirea CBB, capabil să asigure curent mare în sarcină (până la 200mA);

## Generarea și formarea impulsurilor

- un circuit de aducere la zero, ALO prin care se poate întrerupe ciclul normal al timer-ului (normal, intrarea ALO este cuplată la sursa de alimentare și devine activă când tensiunea pe ALO scade sub 0,5V);

**I. CBM cu 555**

\* schema și formele de undă:



- până la aplicarea impulsului, CBB este în starea cu  $Q = \text{ZERO}$ , tranzistorul de descărcare este saturat și capacitatea de temporizare este descărcată;
- la aplicarea impulsului de comandă (negativ) pe intrarea PJ, la trecerea prin  $V_{pL} = \frac{1}{3}V_{CC}$ , CBB trece în starea  $Q = \text{UNU}$ , tranzistorul de descărcare se blochează și ieșirea etajului final trece în UNU;
- urmează procesul de încărcare a capacității de temporizare prin rezistență de la sursa de alimentare după legea:

$$v_C(t) = V_{CC} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \text{ cu } \tau = RC;$$

- procesul se termină când:

$$v_C(T) = V_{pH} = \frac{2}{3}V_{CC};$$

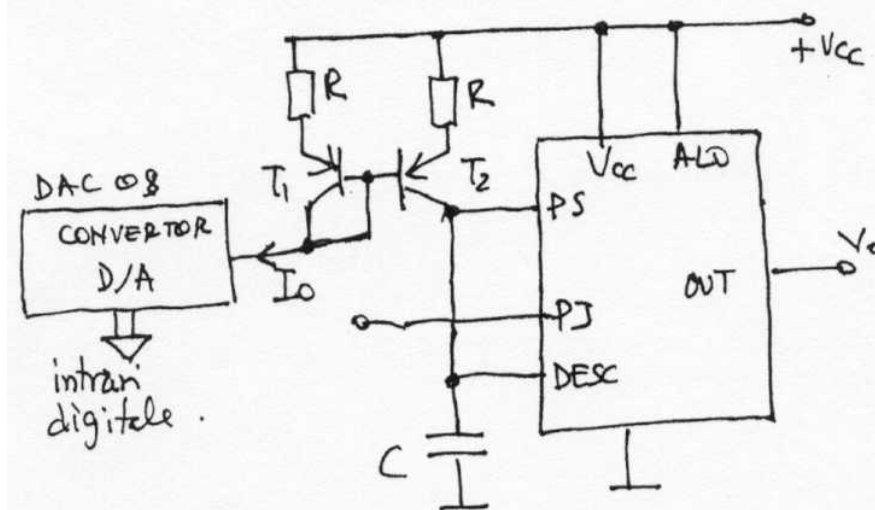
- rezultă:

$$T = RC \ln 3 \cong 1,1RC;$$

## Generarea și formarea impulsurilor

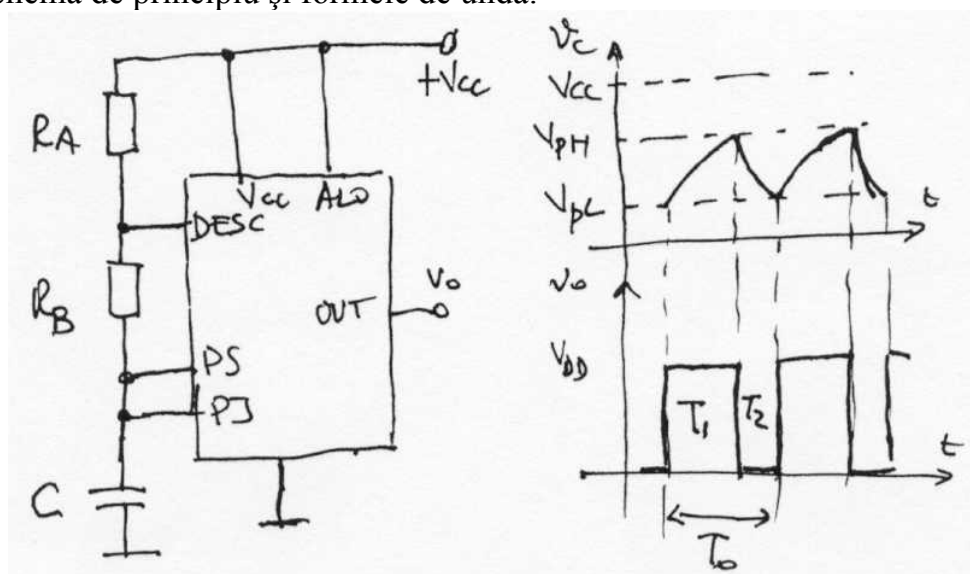
- timpul de revenire este foarte mic, dat de tranzistorul de descărcare care merge spre saturație;
- eroarea duratei poate proveni din  $V_{CEsat}$  în comparație cu  $V_{CC}$ ;
- nu poate funcționa în regim retriggeabil decât cu tranzistor exterior conectat în paralel cu capacitatea de temporizare și comandat cu impulsurile de la intrare; așa se poate pune în evidență absența unui impuls dintr-o succesiune de impulsuri;

\* CBM cu 555 cu controlul duratei prin convertor digital/analogic (DAC08):



## II. CBA cu 555

\* schema de principiu și formele de undă:



## Generarea și formarea impulsurilor

- circuitul de temporizare este  $C, R_A, R_B$  și fixează frecvența impulsurilor și factorul de umplere al impulsurilor;
- pe durata  $T_1$ ,  $Q = \text{UNU}$ , tranzistorul de descărcare este blocat, capacitatea se încarcă de la  $V_{pL}$  către sursa de alimentare,  $V_{CC}$ :

$$v_C = V_{CC} + (V_{pL} - V_{CC})e^{-\frac{t}{\tau_1}} \text{ cu: } \tau_1 = C(R_A + R_B);$$

- la atingerea tensiunii de prag superior,  $v_C(T_1) = V_{pH}$ , se schimbă starea CBB; rezultă:

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

- pe durata  $T_2$ ,  $Q = \text{ZERO}$ , tranzistorul de descărcare este deschis la saturație și capacitatea se descarcă de la  $V_{pH}$  spre 0:

$$v_C(t) = V_{pH}e^{-\frac{t}{\tau_2}} \text{ cu: } \tau_2 = CR_B;$$

- la atingerea tensiunii de prag inferior,  $v_C(T_2) = V_{pL}$ , se schimbă starea CBB; rezultă:

$$T_2 = CR_B \ln 2;$$

- procesul se reia cu un nou ciclu;
- perioada și frecvența impulsurilor:

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

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

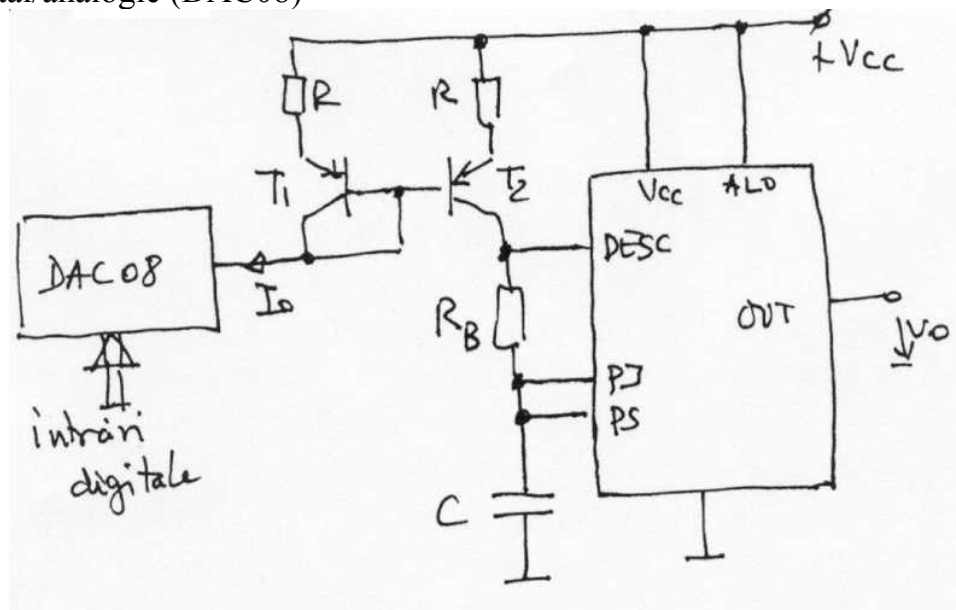
- factorul de umplere:

$$\gamma = \frac{T_1}{T_0} = \frac{R_A + R_B}{R_B}; \text{ comentarii;}$$

- factorul de umplere poate fi modificat cu circuite de separare cu diode:

- rezistența  $R_A$  poate fi alimentată de la o tensiune externă diferită de  $V_{CC}$  dar superioară lui  $V_{pH}$  și se obține o conversie tensiune-frecvență;

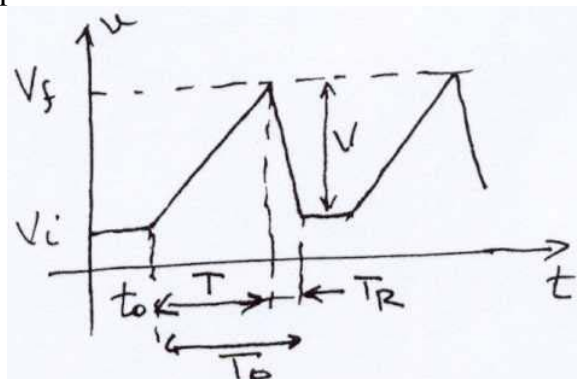
\* generator de impulsuri cu 555 cu frecvența comandată de un convertor digital/analogic (DAC08)



## 10. Generatoare de tensiune liniar variabilă

### I. Generalități:

- \* realizează într-o sarcină dată o tensiune  $v(t)$  a cărei variație în timp, în anumite intervale, se face liniar;
- \* aplicații: TV, osciloscopie, radilocație, aparatură digitală, convertoare A/D, D/A, interfețe pentru calculator, etc.;
- \* forma de undă și parametri ei:



$$v(t) = V_i + k(t - t_0);$$

-  $T$ , durata TLV – cursa activă; valori tipice: de la zeci de ns (valoarea limită inferioară este impusă de capacitățile parazite, rezistența minimă a circuitului de încărcare, puterea disipată maximă) la zeci de minute (valoarea maximă este limitată superior de calitatea maximă a capacității care poate fi folosită, rezistența maximă, curenții reziduali);

-  $T_R$ , timpul de revenire, cu aceleași limitări; trebuie să fie mai mic decât durata activă;

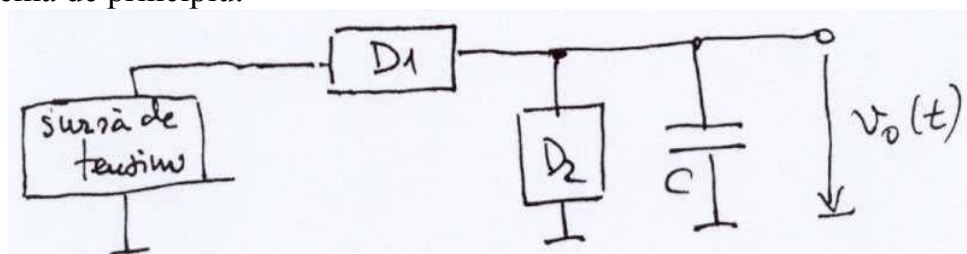
-  $V = V_f - V_i$ , amplitudinea TLV;

-  $T_0$ , perioada (dacă lucrează ca oscilator);

-  $T_c$ , perioada (sau durata) impulsurilor de comandă;

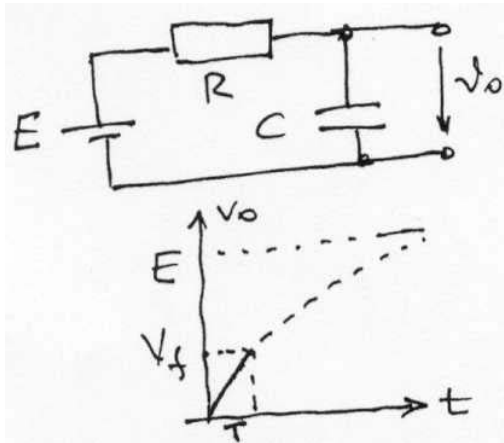
-  $\varepsilon = \frac{(\Delta V)_{\max}}{V} \%$ , abaterea de la liniaritate; util:  $< 1\%$ ;

\* schema de principiu:



## Generarea și formarea impulsurilor

- C se încarcă prin dipolul de încărcare, D1:
    - rezistență fixă conectată la o sursă de alimentare;
    - generator de curent simplu sau compensat;
  - C se descarcă prin dipolul de descărcare, D2, cu rezistență echivalentă mică;
    - TBIP în conducție (eventual în saturație);
    - tiristor amorsat sau alte dispozitive;
- \* cel mai simplu model: încărcarea unei capacități printr-o rezistență fixă de la o sursă de tensiune fixă:



$$v_o(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

pentru:  $t \leq T \leq RC$ :

$$v_o(t) \cong \frac{E}{RC} t$$

coeficient de neliniaritate:

$$\varepsilon = \frac{E}{8CR} \%;$$

- pentru  $\varepsilon < 1\%$ . rezultă:  $T \ll RC$  respectiv: rezistenței într-o buclă de reacție.

\* îmbunătățirea performanțelor:

a) introducerea capacității în bucla de reacție negativă a unui amplificator cu amplificare de tensiune negativă,  $-A$ , ceea ce determină, prin efect Miller, multiplicarea electronică a capacității de  $(1 - A)$  ori și, ca urmare, micșorarea corespunzătoare a coeficientului de neliniaritate; - *GTLV de tip Miller*;

b) introducerea rezistenței într-o buclă de reacție pozitivă a unui amplificator neinversor,  $A$ , subunitară, ceea ce determină mărirea prin

## Generarea și formarea impulsurilor

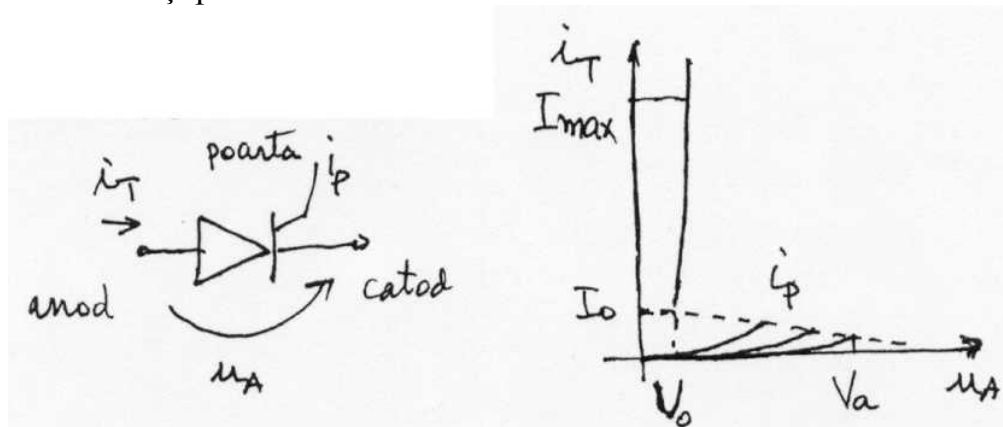
bootstrapare a rezistenței de  $\frac{1}{1-A}$  ori și, deci, micșorarea corespunzătoare a

coeficientului de neliniaritate; - *GTLV de tip bootstrap*;

c) încărcarea capacității printr-un generator de curent constant realizat cu TBIP sau TEC sau cu AO.

## II. Generator TLV cu tiristor

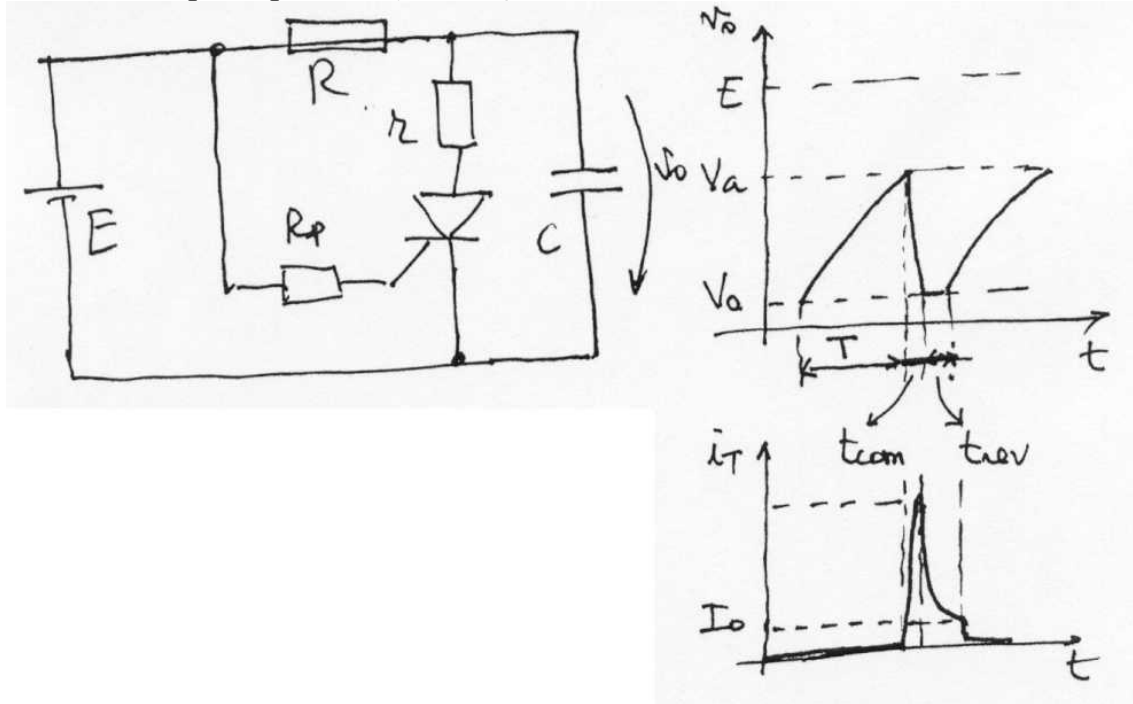
\* caracteristica și parametrii tiristorului:



- $V_a$ , tensiunea de amorsare dependentă de curentul de poartă,  $I_p$ ;
- $V_0$ , tensiunea de menținere;
- $I_{max}$ , curentul maxim admis prin tiristor;
- $I_0$ , curentul de închidere a tiristorului;
- tensiunea de străpungere;
- timpul de comutare;

## Generarea și formarea impulsurilor

\* schema de principiu, funcționare și formele de undă:



\* încărcarea capacității:

- $v_o(t) = E + (V_0 - E)e^{-\frac{t}{RC}}$ ;
- procesul se termină când:  $v_o(T) = V_a$ ;
- durata TLV:  $T = RC \ln \frac{E - V_0}{E - V_a}$ ;

\* descărcarea capacității:

$$i_T = \frac{E - V_0}{R + r} + \frac{V_a - V_0}{r} e^{-\frac{t}{r \parallel RC}};$$

- blocarea tiristorului are loc atunci când curentul prin tiristor scade sub valoarea curentului de blocare:

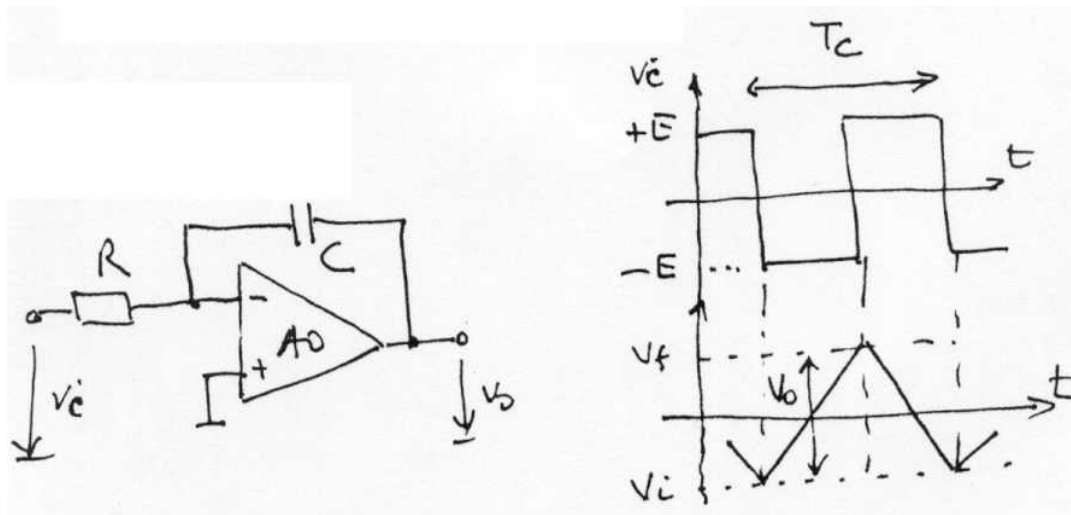
$$i_T(t_{rev}) = I_0;$$

$$t_{rev} \cong rC \ln \frac{\frac{V_a - V_0}{I_0 - \frac{V_a - V_0}{R + r}}}{\frac{r}{E - V_0}};$$

$$\text{- coeficientul de neliniaritate: } \varepsilon = \frac{T}{8RC};$$

## III. GTLV de tip Miller:

\* schema:



- amplificatorul poate fi realizat cu TBIP, TEC, AO cu influențe asupra parametrilor formei de undă;

- sensul crescător al tensiunii de ieșire:

$$v_o(t) = V_i + E \frac{t}{RC};$$

- sensul descrescător al tensiunii:

$$v_o(t) = V_f - E \frac{t}{RC};$$

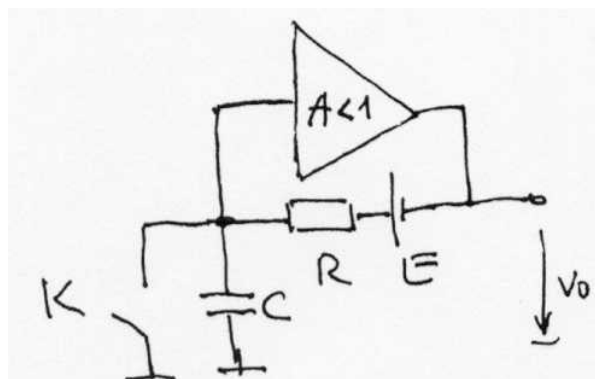
- durata unei semiperioade:

$$\frac{T_0}{2} = RC \frac{V_f - V_i}{E} = RC \frac{V_o}{E};$$

- erorile sunt calculate ca la CIL;

## IV. GTLV de tip bootstrap

\* principiu:



## Generarea și formarea impulsurilor

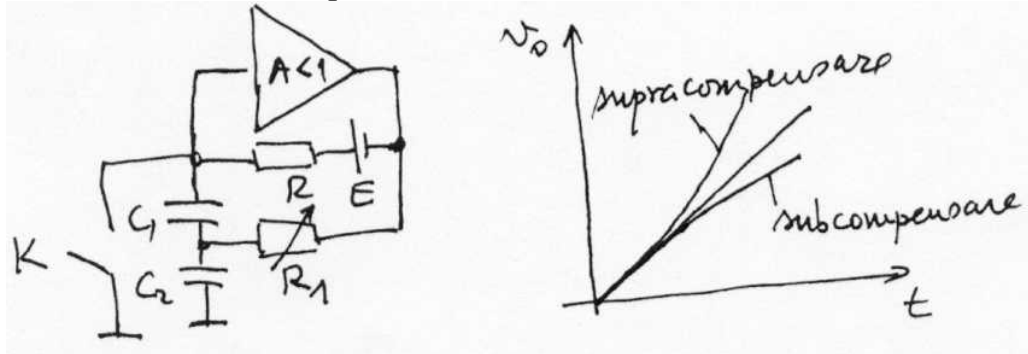
- funcționare;
- tensiunea de pe rezistență:  $V_R = E + V_o - V_C \cong E$ , constant;
- comutatorul K: cu TBIP, cu TEC, cu poartă logică;
- limitarea amplitudinii se face prin elementele neliniare ale amplificatorului;
- amplificatorul:
  - diferențe:
    - repetor pe emitor;
    - repetor pe sursă;
    - repetor cu AO
    - impedanța de intrare;
    - impedanța de ieșire;
    - amplificarea de tensiune;
    - mărimi reziduale;

\* durata TLV:  $\Delta Q = C\Delta V = CV_{o\max} = TI = T \frac{E}{R} \rightarrow T = CR \frac{V_{o\max}}{E}$ ;

\*  $E$  poate fi tensiunea de pe o capacitate mare;

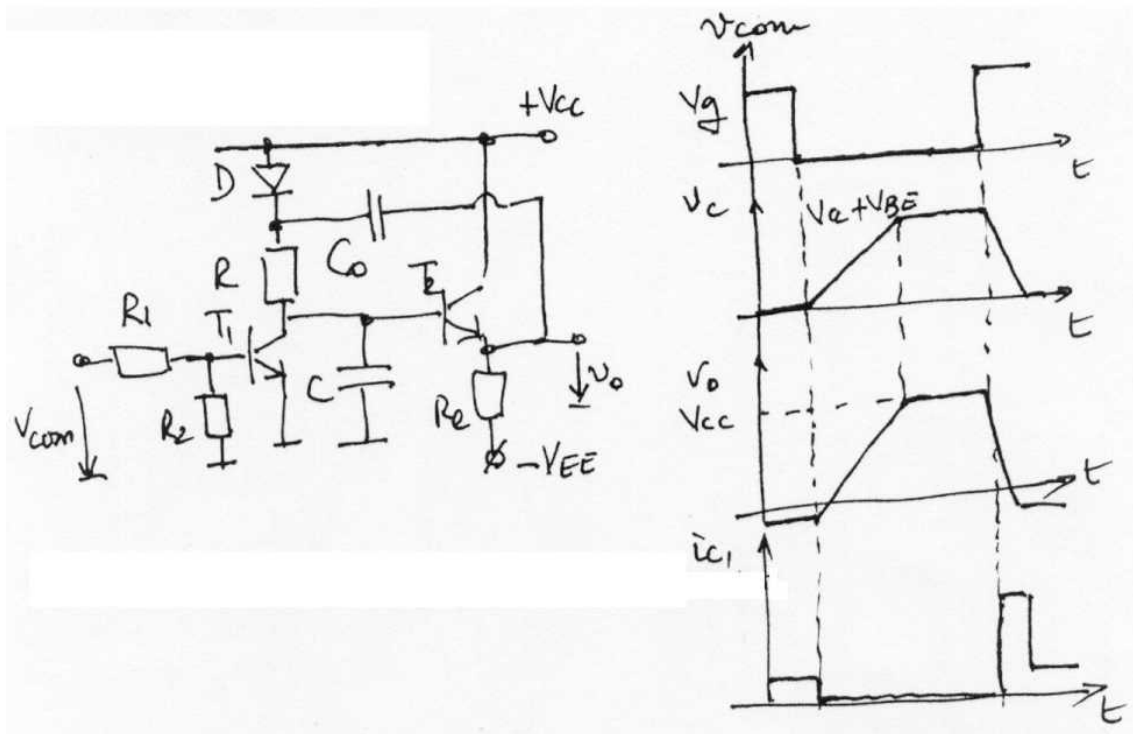
\* neliniaritatea este limitată;

\* circuit cu dublă bootstrapare:



\* GTLV bootstrap cu TBIP:

- schema și forma de undă:



- T1 este comutator; T2 amplificator de tensiune, repetor;
- funcționarea schemei;
- curentul prin rezistență:

$$I = \frac{V_{CC} - V_D}{R} \cong \frac{V_{CC}}{R};$$

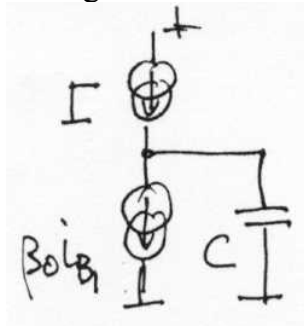
- capacitatea se încarcă liniar, prin curent constant:

$$v_C(t) \cong \frac{I}{C}t; \quad v_o(t) = v_C(t) - V_{BE}$$

- saturarea lui T2 are loc atunci când:  $v_o(T) = V_{CC}$ ;

- durata TLV:  $T = RC \frac{V_{CC} + V_{BE}}{V_{CC} - V_D} \cong RC;$

- revenirea se face prin descărcarea capacității prin diferența curenților celor două generatoare de curent, până la saturarea lui T1:



$$I_{desc} = \beta_0 i_{B1} - I;$$

$$i_{B1} = \frac{V_g - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2};$$

$$t_{rev} = \frac{CV_{CC}}{\beta_0 i_{B1} - I};$$

\* liniaritatea este foarte bună:

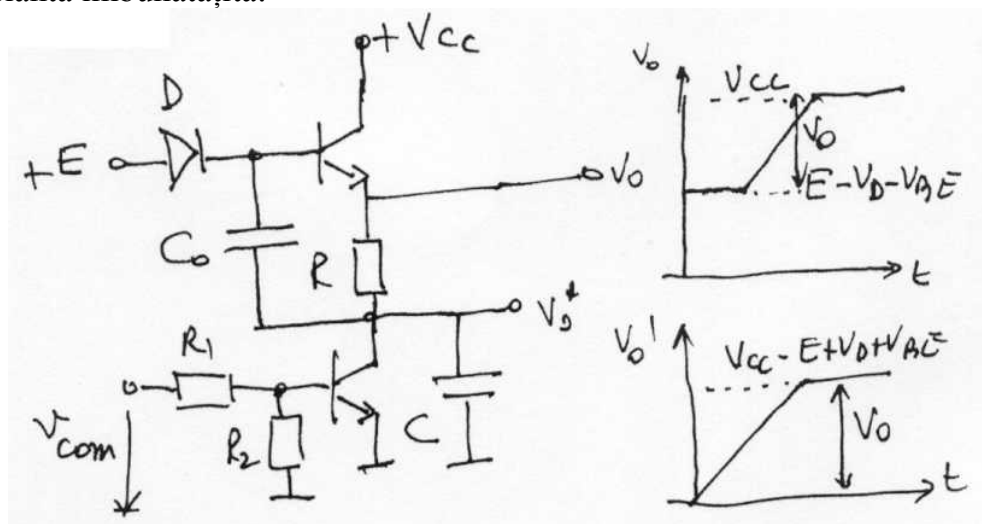
$$\varepsilon = \frac{1}{8} \frac{V_{o\max}}{V_{CC}} \left( 1 - A + \frac{C}{C_0} + \frac{R}{R_{int}} \right);$$

- cauze:

- rezistența de pierderi a lui T1 blocat;
- curentul de pierderi al lui T1;
- rezistența de pierderi a condensatorului;
- impedanța de intrare în amplificator;
- curentul invers al diodei blocate;
- pierderea de tensiune de pe capacitatea  $C_0$ :

$$- CV_0 = C_0 \Delta V \rightarrow \Delta V = V_0 \frac{C}{C_0}$$

\* variantă îmbunătățită:

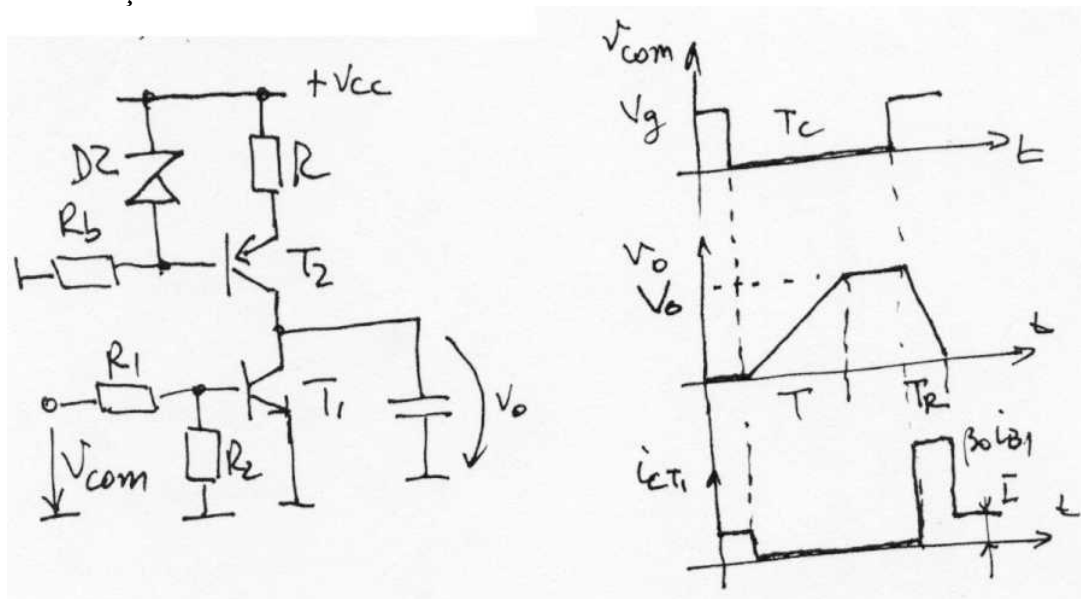


## Generarea și formarea impulsurilor

- comentarii asupra schemei.

## V. GTLV cu generatoare de curent constant:

\* schema și formele de undă:



- T2 - generator de curent:  $I = \frac{V_Z - V_{EB}}{R}$  (constant);

- T1 – comutator comandat cu impuls;

- pe durata încărcării capacității:

$$v_o(t) = \frac{1}{C} I t \text{ (până la saturarea lui T2)}$$

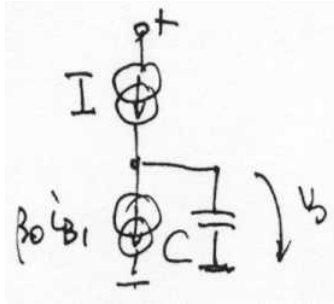
- tensiunea finală (amplitudinea TLV):

$$V_0 = V_f = V_{CC} - V_Z + V_{EB};$$

- din condiția:  $v_o(t) = V_0$  rezultă:

$$T = RC \frac{V_{CC} + V_{EB} - V_Z}{V_Z - V_{EB}};$$

- la revenire:



$$t_{rev} = \frac{CV_f}{\beta_0 i_{B1} - I};$$
$$i_{B1} = \frac{V_g - V_{BE}}{R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2}$$

- neliniaritatea este determinată:

- rezistența lui T1 blocat;
- rezistența de ieșire a generatorului de curent;
- rezistența de pierderi a condensatorului;
- rezistența de sarcină.