



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Electronică Digitală

17. Circuite basculante bistabile

CBB, Generalități

* generarea și formarea impulsurilor:

- cu circuite regenerative;
- cu circuite de comutație neregenerative asociate cu rețele de temporizare, RC;

* *circuite regenerative*: circuite caracterizate prin faptul că au două stări electrice diferite și prin faptul că trecerea dintr-o stare în alta se face prin proces regenerativ:

- circuite cu buclă de reacție pozitivă;
- dispozitive sau circuite cu rezistență dinamică negativă;

* deosebiri:

- la circuitele neregenerative tensiunea de ieșire depinde permanent de tensiunea de intrare;

- la circuitele regenerative comutarea este inițiată de un impuls de declanșare (din exterior sau datorită îndeplinirii unei condiții de circuit), iar funcționarea circuitului nu mai depinde în continuare de impulsul de comandă;

* elemente necesare pentru un circuit regenerativ:

- sursă de alimentare în curent continuu;
- amplificator cu reacție pozitivă sau dispozitiv cu rezistență negativă;
- element de stocare temporară a energiei;

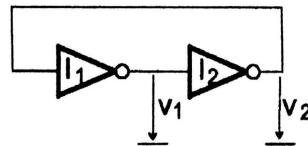
* după timpul în care circuitul stă în fiecare din cele două stări:

- CBB;
- CBM;
- CBA;

- CBS – CBB asimetric (trigger Schmitt).

Schema de principiu a unui CBB

- pentru studiul condițiilor generale de funcționare a circuitelor regenerative, se consideră un amplificator cu reacție pozitivă format, de exemplu, din două inversoare (cu TBIP sau cu TMOS):



- circuitul are două stări stabile:

$$S1: V_1 = V_{oL} \rightarrow V_2 = V_{oH} \rightarrow V_1 = V_{oL};$$

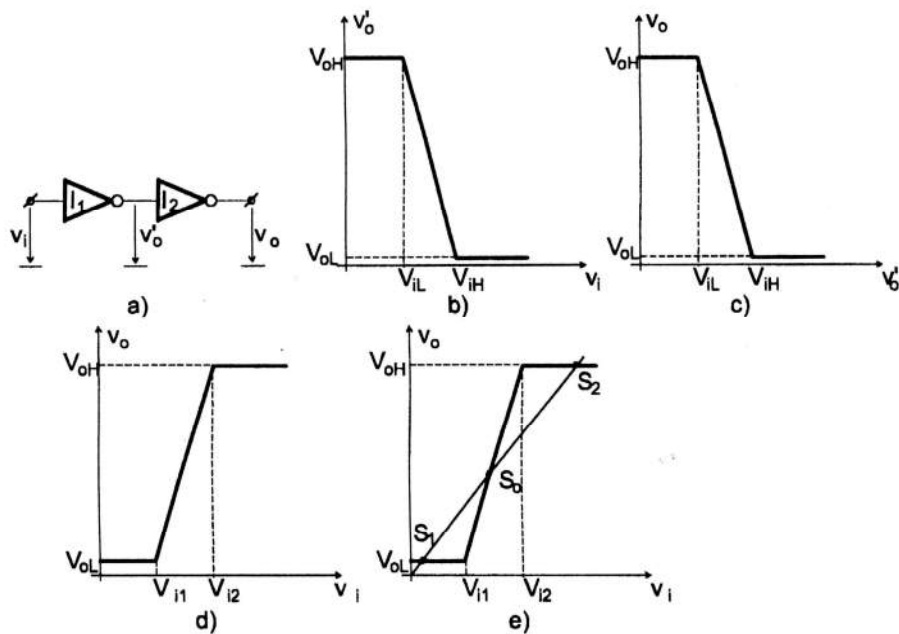
$$S2: V_1 = V_{oH} \rightarrow V_2 = V_{oL} \rightarrow V_1 = V_{oH}.$$

- schimbarea stării: proces regenerativ dacă amplificarea pe buclă este > 1 :

- starea inițială S1: V_1 crește (perturbație din exterior, de ex.) inversorul I2 intră în zona liniară $\rightarrow V_2$, inversorul I1 intră și el în zona liniară $\rightarrow V_1$ crește și, dacă reacția pozitivă are caracter regenerativ, circuitul trece în starea S2; procesul este în avalanșă.

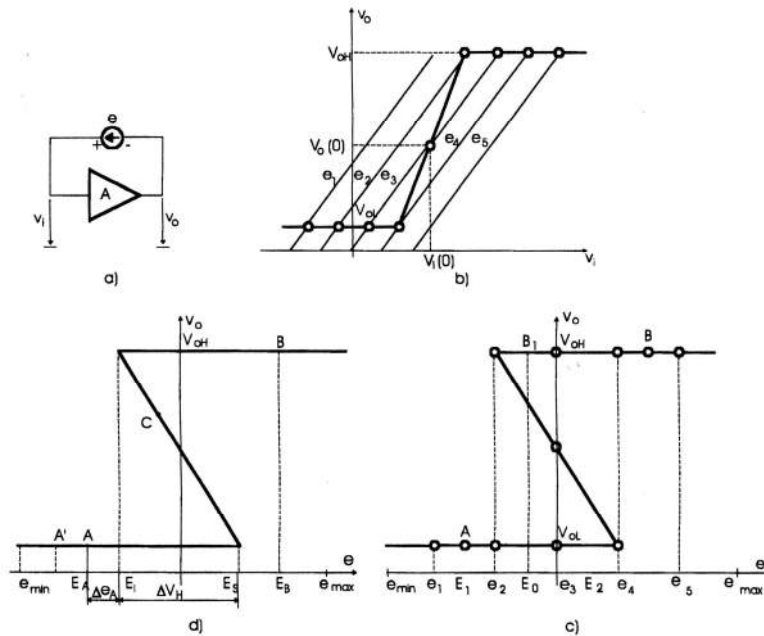
* determinarea condiției de funcționare regenerativă:

- se desface bucla de reacție:



- se desenează caracteristicile de transfer ale celor două inversoare presupuse identice;

- se elimină tensiunea v_o' și se obține caracteristica de transfer a amplificatorului, $v_o(v_i)$; panta caracteristicii în zona liniară este dată de produsul amplificărilor individuale ale inversoarelor: $A = A_1 A_2$.



- dacă se închide bucla de reacție, adică dacă: $v_o = v_i$ (prima bisectoare) se obțin 3 puncte de funcționare, dacă $A > 1$: două stabile (după o variație mică în jurul punctului respectiv, se revine la starea inițială după anularea perturbației) și un punct de funcționare instabil (orice mică perturbație la intrarea duce punctul de funcționare în unul din cele două puncte stabile);

- se presupune $A > 1$ și se introduce o tensiune perturbatoare între intrare și ieșire și se trasează caracteristica $v_o(e)$;

- se folosesc relațiile:

$$v_o = v_o(v_i)$$

$$v_o = v_i - e$$

- se elimină e pe cale grafo-analitică: se trasează pe graficul $v_o(e)$ punctele obținute din rezolvarea sistemului precedent:

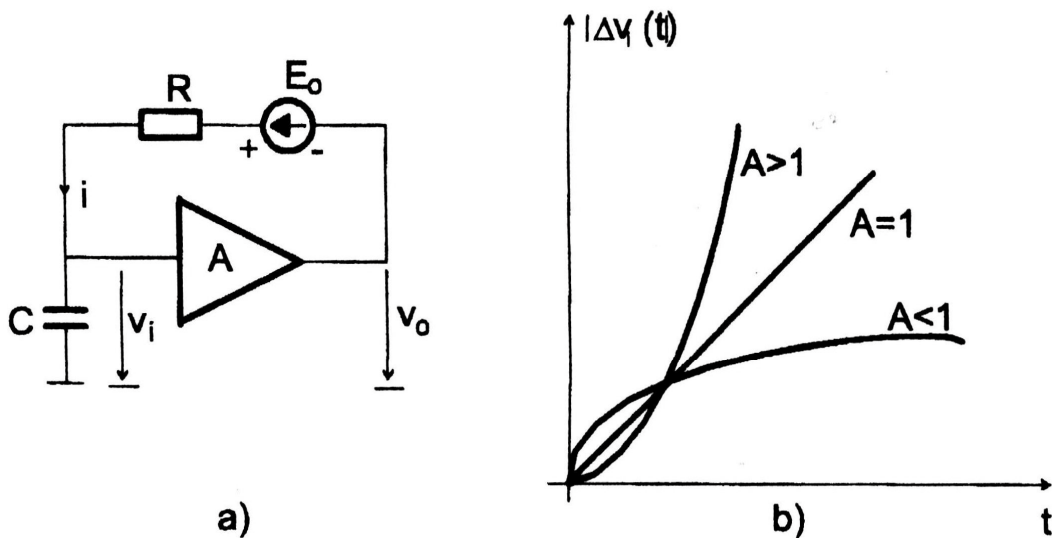
- se pun în evidență următoarele;

- caracteristica prezintă histerezis;
- punctele stabile, A și B corespunzătoare celor două stări logice;
- mărimea histerezisului, $\Delta V_H = E_s - E_i$;
- tensiunile corespunzătoare punctelor stabile, E_A și E_B ;
- tensiunile perturbatoare limită, e_{\min} și e_{\max} ;
- pentru: $e_{\min} < e < E_i$, $v_o = V_{oL}$; $E_s < e < e_{\max}$, $v_o = V_{oH}$;
- valorile minime ale tensiunilor perturbatoare pentru schimbarea stării:

$$\Delta V_H + \Delta e_A \text{ respectiv } \Delta V_H + \Delta e_B$$

- influența acestora asupra sensibilității la declanșare și asupra imunității la zgomote ale circuitului;

* regim tranzitoriu:



- se introduce un circuit RC, se neglijează curentul de intrare în amplificator și rezistența de ieșire a acestuia;

- se alege o tensiune continuă E_o astfel încât să se obțină cele trei puncte posibile de funcționare, peste care se aplică o perturbație ΔE ;

- condițiile inițiale: $v_i(0)$, $v_o(0)$ date (fixe);

- perturbația ΔE va determina variații ale tensiunilor de intrare și de ieșire, $\Delta v_i(t)$, $\Delta v_o(t)$, cu $\Delta v_o(0) = 0$;

- rezultă:

$$i(t) = C \frac{d\Delta v_i(t)}{dt};$$

$$\Delta v_o(t) = A \Delta v_i(t);$$

$$\Delta v_i(t) = -R i(t) + \Delta E + \Delta v_o(t);$$

$$\frac{\Delta v_o(t)}{A} = -\frac{RC}{A} \frac{d\Delta v_o(t)}{dt} + \Delta v_o(t) + \Delta E;$$

$$RC \frac{d\Delta v_o(t)}{dt} + (1 - A)\Delta v_o(t) = A\Delta E \text{ cu soluția:}$$

$$\Delta v_o(t) = \frac{A}{1 - A} \Delta E - \frac{A}{1 - A} \Delta E e^{-\frac{t}{\frac{RC}{1 - A}}};$$

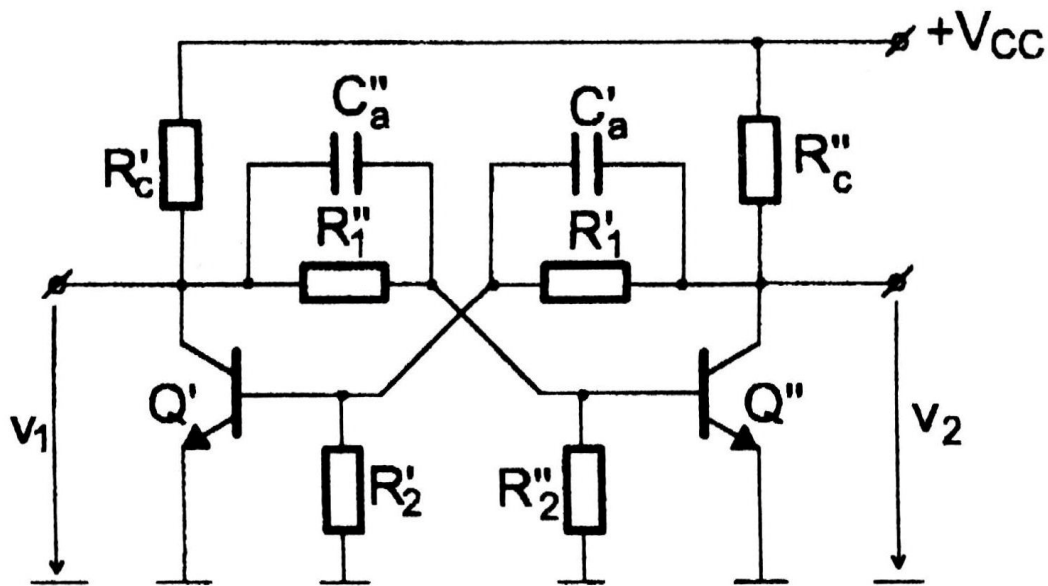
- comentarii:

- pentru $A < 1$, punctul de funcționare se deplasează puțin față de poziția inițială;

- pentru $A > 1$, se obține o exponențială cu exponent pozitiv și punctul de funcționare evoluează către unul din punctele stabile, în funcție de semnul lui ΔE ;
 pentru $A = 1$, evoluția este liniară, cu același efect;

CBB cu TBIP

* schema de principiu:



- circuit simetric cu două inversoare;
- stabilirea stării stabile la conectarea la tensiunea de alimentare prin proces regenerativ;
- starea S1: T1 blocat, $v_{C1} = V_{oH} \cong V_{CC}$; T2 saturat, $v_{C2} = V_{oL} = V_{CEsat} \cong 0$;
- condiția de blocare:

$$v_{B1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{C2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{oL} < V_{BE0};$$

- condiția de saturație:

$$i_{B2} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_c + R_1} - \frac{V_{BE}}{R_2} > \frac{1}{\beta_0} \frac{V_{CC}}{R_c};$$

- starea S2: T2 blocat, $v_{C2} = V_{oH} \cong V_{CC}$; T1 saturat, $v_{C1} = V_{oL} = V_{CEsat} \cong 0$; condițiile identice;

- stările sunt permanent stabile;

- schimbarea stării: prin aplicarea unui impuls de declanșare:

- pozitiv pe baza TBIP blocat sau:

- negativ pe baza TBIP saturat;

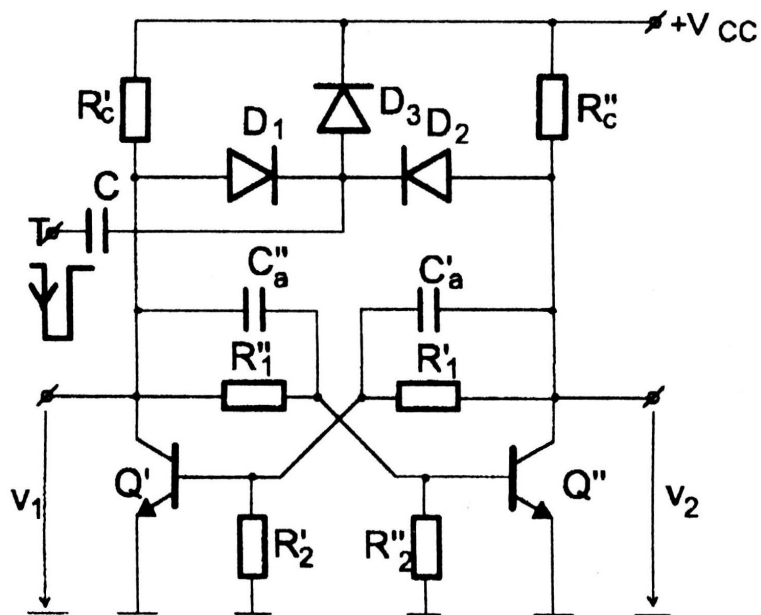
- impulsurile de declanșare se pot aplica alternat pe cele două baze (declanșare asimetrică) sau se pot aplica la o singură intrare de unde sunt conduse către TBIP ce trebuie acționat declanșare simetrică;

- cele două moduri de declanșare sunt specifice celor două funcții pe care le îndeplinește CBB: memorare, respectiv divizare a frecvenței impulsurilor (sau de numărare);

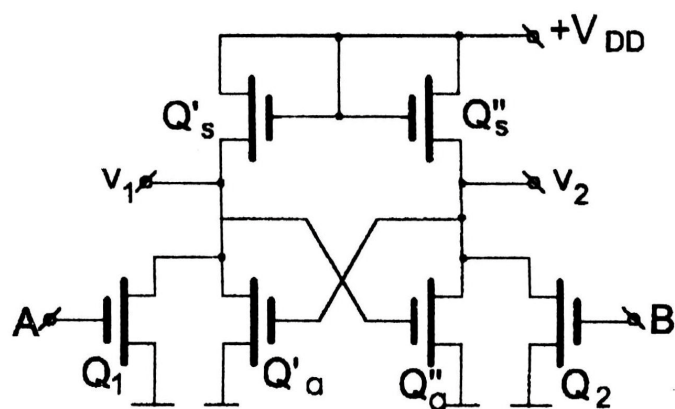
- comandă separată pe diode comandă separată cu tranzistor



comandă comună cu diode



CBB cu TMOS



* funcțiile de bază ale CBB:

- memorare - circuitul trece în starea S1 și rămâne nemodificată până când circuitul este cercetat în privința stării lui logice;

- numărare: $f \rightarrow \frac{f}{2}$, $T \rightarrow 2T$;
- discuție privind viteza de comutare a CBB cu TBIP;
- elemente importante în comutare;

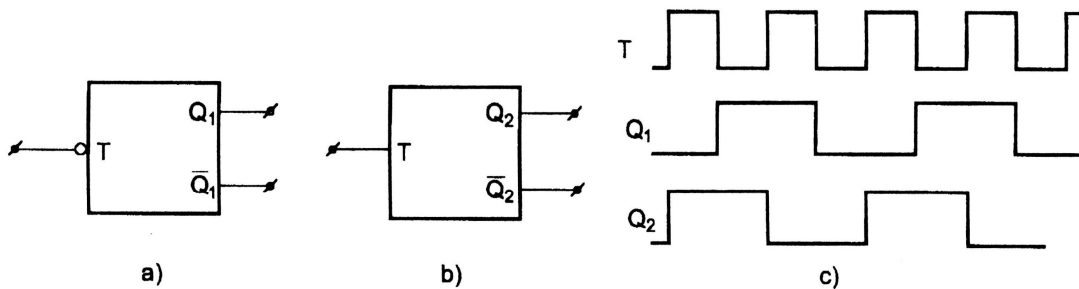
Variante ale CBB integrate

- elemente de bază pentru circuitele secvențiale;
- condiționări pentru declanșare: mai multe variante de CBB pentru comoditatea proiectării logice: (integrare \rightarrow optimizare structură pentru un anumit tip de circuit \rightarrow viteză de comutare maximă);

* variante din punct de vedere al funcționării logice:

a) **CBB de tip T (flip-flop)**, cel mai simplu:

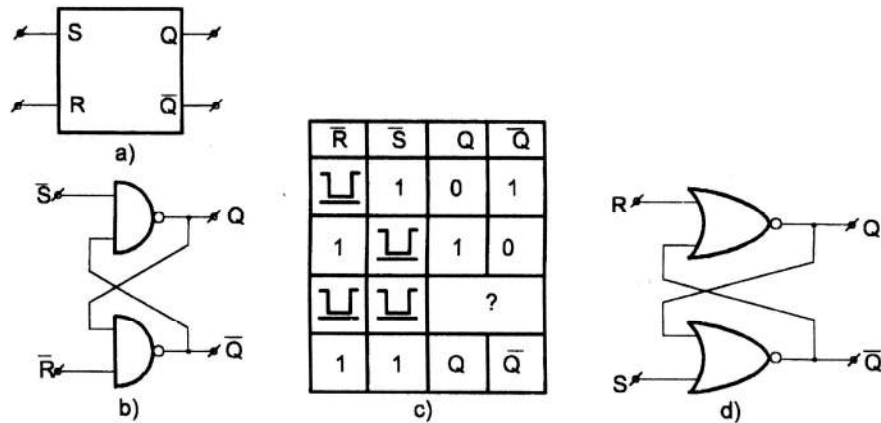
- o intrare de tact, T (comandă pe frontul pozitiv sau pe cel negativ);
- două ieșiri, Q și \bar{Q} ;



- se folosește la numărătoare binare integrate;

b) CBB de tip RS

- comanda asimetrică;
- pe nivel pozitiv sau negativ (sau pe fronturi);



- exemplu de realizare cu circuite NAND;
- comportarea circuitului este parțial independentă de semnalele de la intrări datorită reacției pozitive între cele două NAND-uri;
- un set de tranziții limitate determină modificarea stării (de aici, funcția de memorare a informației binare);

- două aspecte:

- ambele trec simultan în starea 0, nedeterminare la ieșire;

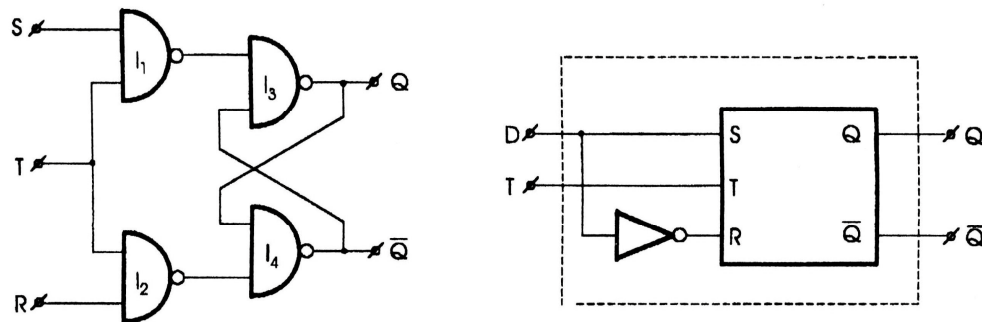
(se poate evita pe cale logică);

- comanda modificării stării se poate face cu fronturile impulsurilor care determină și modul în care trebuie să se modifice starea circuitului (mod de lucru asincron);

- stările de nedeterminare trebuie evitate – nu este mereu posibil;

c) CBB de tip RST

- se separă semnalele care comandă bascularea circuitului de semnalele care arată în ce stare trebuie să basculeze circuitul (circuite sincrone, comadate de un impuls de ceas, tact):



- intrările SR arată în ce stare trebuie să treacă circuitul;

- intrarea T (tact, ceas, clock) asigură trecerea în starea respectivă;

* sunt două moduri de funcționare:

1) - pe durata T=ZERO se stabilesc stările S și R (obligatoriu diferite);

- la trecerea lui T spre UNU, CBB ia starea corespunzătoare stărilor S, R;

- se definește t_{set-up} (intervalul de timp dintre stabilirea variabilelor S și R și apariția impulsului de tact);

- se definește t_{hold} intervalul de timp pe care mai sunt menținute S și R până la revenirea la ZERO a lui T;

2) pe durata T=UNU, intrările S și R se pot modifica determinând și modificarea ieșirilor, circuitul fiind transparent pentru datele de la intrare; la revenirea lui T la ZERO, CBB rămâne în starea determinată de ultima tranziție;

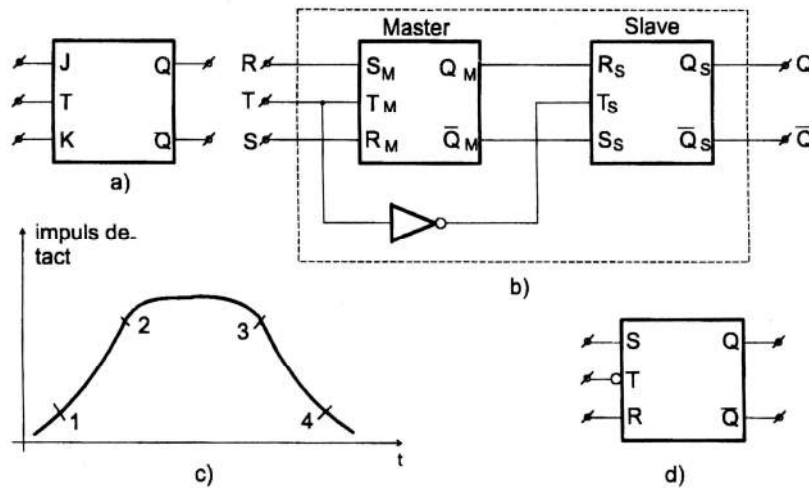
d) CBB de tip D

- se elimină și situația de nedeterminare a stării de la ieșire realizând: $R=S/$, intrarea respectivă fiind D:

- funcționare: pe frontul pozitiv al impulsului de tact, ieșirea Q va lua starea lui D;
- se pot defini și aici: t_{set-up} și t_{hold} ;
- pentru T=UNU, modificările lui D se resimt direct la ieșire.

d) CBB de tip JK

- elimină efectele tranzițiilor nedeterminate impuse de intrările R și S altfel decât la CBB de tip D:



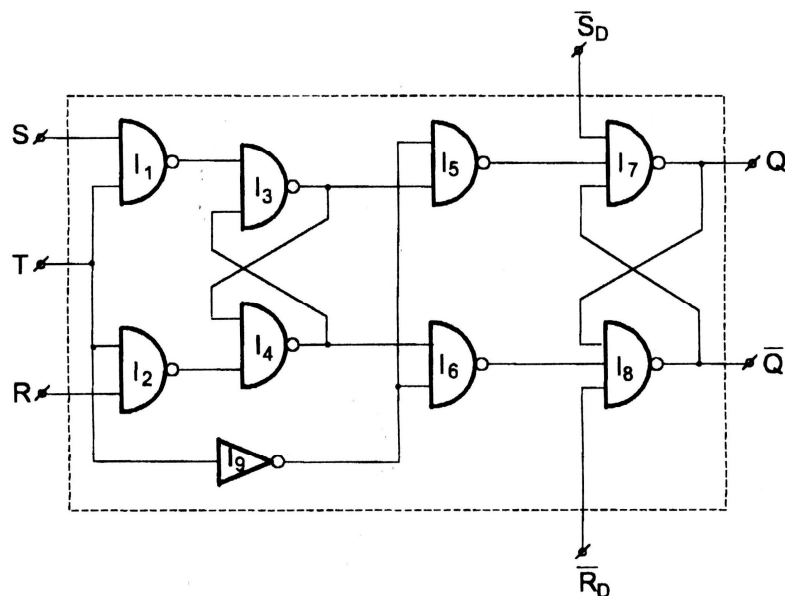
- funcționare:

- J=ZERO, K=ZERO, circuit insensibil la T;
- J=ZERO, K=UNU, circuitul trece în starea Q=ZERO;
- J=UNU, K=ZERO, circuitul trece în starea Q=UNU;
- J=UNU, K=UNU, circuitul schimbă starea la fiecare tranziție utilă a lui T (regim de numărător);

d) CBB de tip master-slave

- elimină transparența de pe durata impulsului de tact;
- pot fi de tipul SR, D sau JK;

- exemplu: două CBB de tipul RST comandate cu impulsuri în antifază pe intrările de tact;



- comanda circuitului se face cu un impuls de tact (circuitul poate fi sensibil la fronturi pozitive sau la fronturi negative):

- starea inițială cu $T=ZERO$ – circuitul MASTER este izolat de intrări, acestea pot fi stabilite independent;

- punctul 1: ieșirea inversorului trece în ZERO, blochează circuitul SLAVE fiind izolat de MASTER;

- punctul 2: sunt validate intrările, stările de pe R și S trec în MASTER; nu se simte nimic la ieșire;

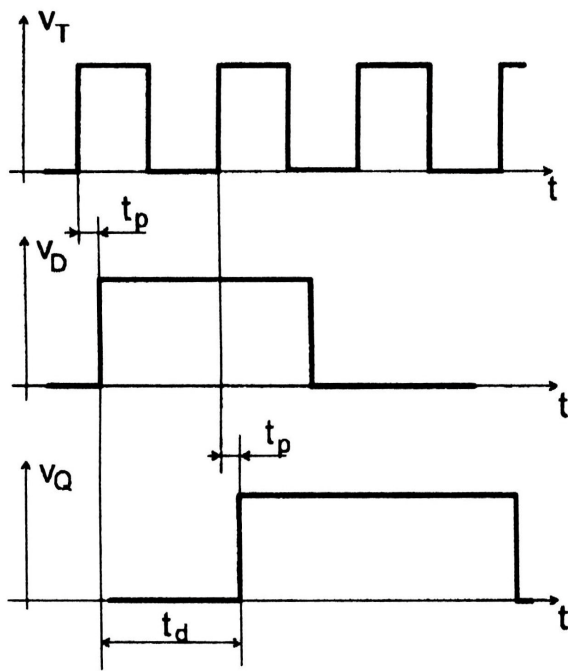
- punctul 3: se decuplează intrările – circuitul MASTER rămâne izolat de intrări;

- punctul 4: impulsul de tact al SLAVE-ului trece în UNU și datele din MASTER trec în SLAVE;

- schimbarea stării circuitului se face pe frontul negativ al impulsului de tact;

Observații:

- a) circuitele basculante bistabile integrate au mai multe intrări:
 - de date: SR, D, JK;
 - de tact: T (front crescător sau front descrescător);
 - de comandă asincrone (prioritare față de celelalte intrări).
- exemplu: un CBB RST:



- b) este necesară respectarea timpilor dintre diferite tranziții așa cum sunt precizați în datele de catalog;
- c) utilizarea bistabilului de tip D ca un circuit de întârziere:

Sursa: Nicolae Cupcea, *Structura circuitelor digitale*, Editura Matrix Rom, București.