

## CAPITOLUL 4

### CIRCUITE BASCULANTE CU TRANZISTOARE

#### 4.1. Chestiuni generale

##### 4.1.1. Modelul general al circuitelor basculante

Un circuit basculant este format din doua amplificatoare conectate in cascada cu o reactie pozitiva puternica de la iesire la intrare conform schemei din figura 4.1a.. Elementele de cuplaj sunt impedantele  $Z_1$  si  $Z_2$  care pot fi si de alta natura decat rezistiva. Schema se deseneaza obisnuit ca in figura 4.1b pentru a pune in evidenta simetria schemei. Exista in cele mai multe situatii o simetrie completa care apare si in valoarea elementelor schemei, elementele simetrice pe schema sunt egale, dar nu este intotdeauna asa.

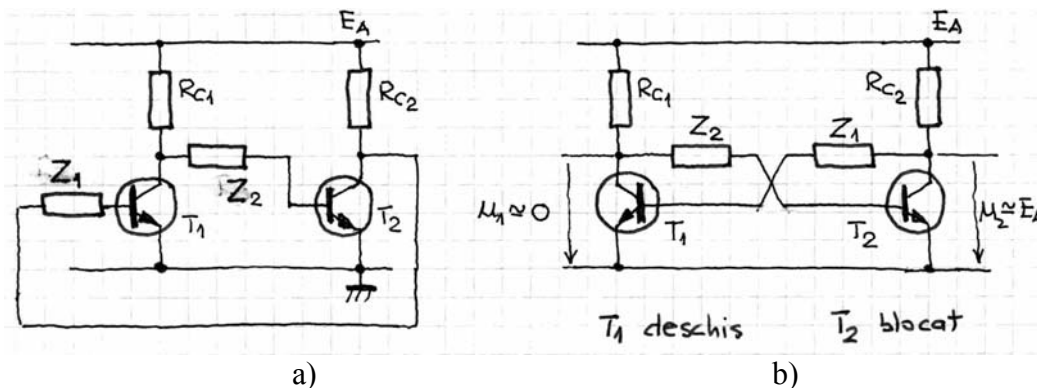


Fig. 4.1. Circuit basculant desenat in varianta nesimetrice (a) si simetrice (b)

In cazul cel mai general circuitele basculante au doua iesiri,  $O_1$  si  $O_2$  intre masa si cele doua colectoare ale tranzistoarelor si doua intrari,  $I_1$  si  $I_2$ , in majoritatea cazurilor intre bazele tranzistoarelor si masa (figura 4.2.a). O reprezentare simplificata uzuala prezinta circuitul basculant ca un dreptunghi cu doua sectiuni marcate distinct prin hasurare, cifre sau nuante diferite (cazul de aici) cu iesirile in partea superioara si intrarile in partea inferioara (figura 4.2.b).

Tensiunile de iesire sunt aici  $u_1$  si  $u_2$ .

Din cauza reactiei pozitive puternice tranzistoarele sunt in zonele limită ale caracteristicilor de transfer si anume unul este in zona de saturatie iar al doilea in zona de blocare. Cele doua tensiuni de iesire sunt prin urmare, una aproximativ zero, corespunzatoare tranzistorului in saturatie, a doua ridicata, aproape de valoarea tensiunii de alimentare, conform valorilor din figura 3.14.

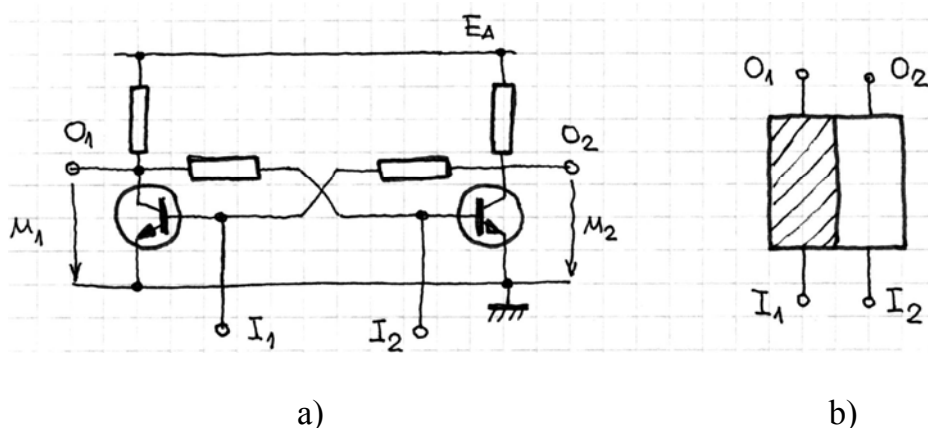


Fig. 4.2. Circuit basculant: intrari, iesiri (a) si reprezentare simplificata (b).

Exista doua stari:

$S_1$  cu  $u_1=0$  tranzistorul  $T_1$  deschis la saturatie  
 $u_2=E_A$  tranzistorul  $T_2$  blocat

$S_2$  cu  $u_1=E_A$  tranzistorul  $T_1$  blocat  
 $u_2=0$  tranzistorul  $T_2$  deschis la saturatie

Cele doua stari sunt complementare.

Circuitul poate trece, fie singur in unele situatii, fie forat de o comanda exterioare in altele, in starea complementara. Trecerea se face intotdeauna intr-un timp scurt, care se neglijeaza de cele mai multe ori si se numeste **basculare**. Desi tehnic este posibil ca ambele tranzistoare sa fie aduse in aceeaasi stare, cele doua stari trebuie sa fie permanent complementare, astfel ca intotdeauna tensiunile de iesire fie in opozitie (figura 4.2). In orice moment de timp, neglijand tranzitiile, una din iesiri e la nivel ridicat si a doua la nivel coborat.

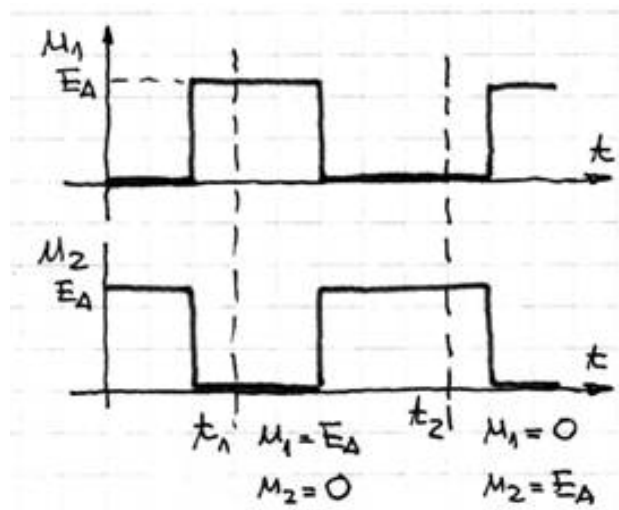


Fig. 4.2. Tensiunile de iesire la un circuit basculant

#### 4.1.2. Clasificarea circuitelor basculante

Un circuit basculant are intotdeauna doua stari distincte, S1 si S2.

Cele doua stari pot fi la randul lor de doua feluri:

- stabila;
- cvasi-stabila.

**Stare stabila** este atunci cand circuitul basculant nu poate trece in starea complementara (nu poate bascula) decat in urma unei interventii exterioare, care este obisnuit un impuls de comanda pe una din intrarile circuitului. De fapt prin comanda trebuie scos unul dintre cele doua tranzistoare din starea sa. Din acest moment, datorita reactiei pozitive puternice se produce bascularea. In lipsa comenzii starea nu se schimba, iesirile raman nemodificate un timp indefinit.

**Stare cvasi-stabila** este atunci cand circuitul basculant va trece trece in starea complementara (basculaeaza) fara interventie exterioara, dupa trecerea unui interval de timp care depinde de elementele circuitului.

In functie de natura celor doua stari S1, S2 circuitele basculante se impart in trei mari categorii:

Circuit basculant **bistabil**, **CBB**, (**flip-flop** în engleză) au ambele stari stabile, circuitul este intr-una din stari si trece in starea complementare doar in urma unei comenzi potrivite; pentru aceste circuite Z1 si Z2 sunt rezistente.

Circuit basculant **monostabil** sau monovibrator, **CBM**, au o stare stabila, si una cvasi-stabila. Circuitul este normal in starea stabila, trece in starea complementara, cvasistabila doar in urma unei comenzi potrivite dar revine singur, dupa un timp, la starea stabila; pentru aceste circuite Z1 si Z2 sunt una rezistenta, a doua condensator

Circuit basculant **astabil** sau multivibrator, **CBA**, au ambele stari cvasi-stabile, circuitul trece in starea complementare fara comanda si dupa un timp revine, tot fara comanda, la prima stare apoi din nou trece in starea complementara s.a.m.d.; pentru aceste circuite Z1 si Z2 sunt condensatoare.

Exista un al patrulea circuit basculant important, este un circuit din familia circuitelor basculante bistabile: circuit **basculant Schmitt**, **CBS**.

## 4.2. Circuite basculante bistabile, CBB

### 4.2.1. Mecanismul de basculare

Un circuit basculant bistabil in cea mai simpla varianta are schema din figura 4.3 si este de obicei perfect simetric, tranzistoarele sunt identice, rezistentele din colectoare egale,  $R_{C1}=R_{C2}$ , la fel rezistentele din bazele tranzistoarelor,  $R_{B1}=R_{B2}$ .

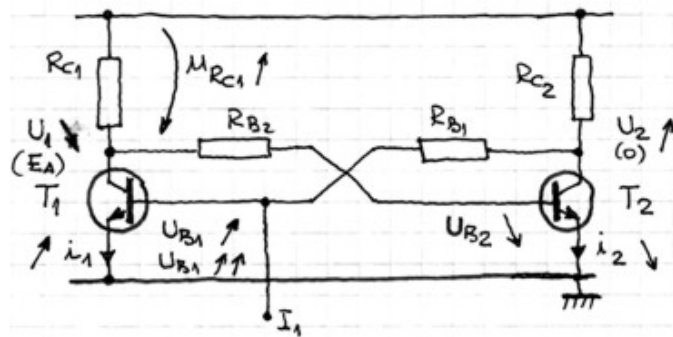
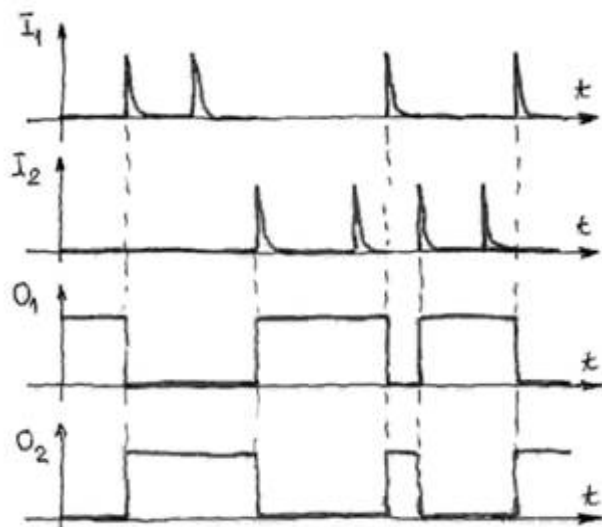


Fig. 4.3. Mecanismul de basculare

Mecanismul de basculare in urma unei comenzi potrivite poate fi urmarit pe aceeași figura 4.3.

Presupunem T1 blocat,  $I_1=0$ ,  $U_1=E_A$ , T2 deschis,  $U_2=0$ ,  $I_2= E_A /R_c$ .

O comanda potrivita trebuie sa scoata unul dintre tranzistoare din starea sa. Daca se face comanda pentru T1, este nevoie de un impuls pozitiv care creste  $U_{B1}$ . T1 se deschide si  $I_1$  incepe sa creasca. Tensiunea pe  $R_{C1}$  creste si concomitent  $U_1$  scade (suma celor doua e constanta,  $U_1 + U_{R_{C1}}=E_A$ ). Scaderea se transmite prin  $R_{B2}$  si tensiunea  $U_{B2}$  scade. T2 incepe sa se blocheze.  $I_2$  scade,  $U_{R_{C2}}$  scade si  $U_2$  creste. Cresterea se transmite prin  $R_{B1}$  la baza T1, deci  $U_{B1}$  unde incepuse ciclul, creste mai accentuat, T1 se deschide mai mult, T2 se blocheaza mai mult s.a.m.d. pana cand se atinge starea 2.



4.4. Diagrame pentru comandă separată

#### 4.2.2. Moduri de comanda

##### Comanda separată

O data ajuns în starea 2, o comanda de același fel, care să deschidă  $T_1$  nu mai provoacă bascularea,  $T_1$  fiind acum deschis. Pentru basculare este nevoie fie de o comanda care să blocheze  $T_1$ , adică un impuls negativ, fie un impuls pozitiv pe a doua intrare. Aceasta varianta, cu impulsuri la fel, aplicate pe rând când la unul când la altul dintre tranzistoare este varianta utilizată obișnuit. Modul acesta de comanda se mai numește și **comanda separata** și poate fi urmărit pe diagramele din figura 4.4. Se vede că CBB basculează în acest mod de comanda doar atunci când impulsurile de comanda alternează de la o intrare la alta.

##### Comanda comună

Un alt mod de comanda al CBB este **comanda comună** iar circuitul este prezentat simplificat în figura 4.5 a. Impulsurile sosesc la o singură intrare de unde sunt dirijate printr-un circuit de comanda comună la bazele tranzistoarelor. Circuitul propriu-zis de comanda este mai complicat și este reprezentat printr-un bloc. Acest mod de comanda asigură bascularea CBB la fiecare impuls și diagrama mărimilor principale se poate vedea în figura 4.5.b.

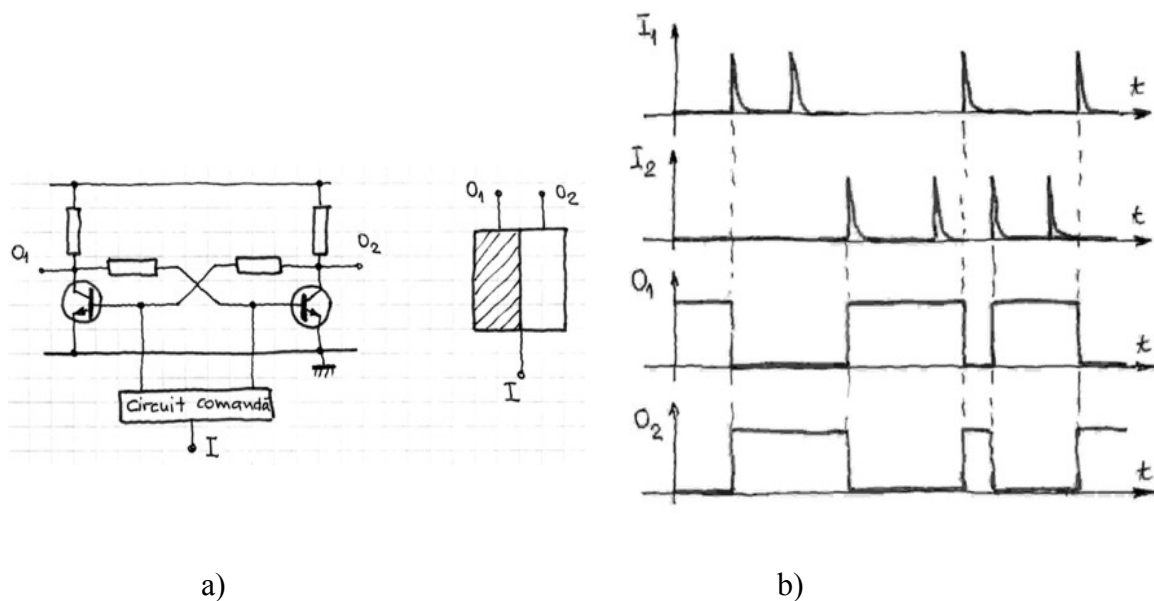


Fig. 4.5. CBB cu comanda comună : schema simplificata (a); forma mărimilor (b)

### 4.2.3. Utilizarea CBB

CBB are multiple utilizari, dar doua dintre ele sunt cele mai importante. CBB, sub forme diferite, sunt componentele principale în circuitele de bază ale calculatoarelor digitale, circuitele de memorare și cele de calcul.

#### Utilizarea ca memorie binara

Existenta a doua stari stabile face ca CBB sa fie utilizat ca celula de memorie binara. Pentru una din stari se aloca valoarea 0, pentru a doua valoarea 1 (figura 4.6.a). Cu un CBB se poate memora o singura cifra binara, care nu poate fi decat 0 sau 1.

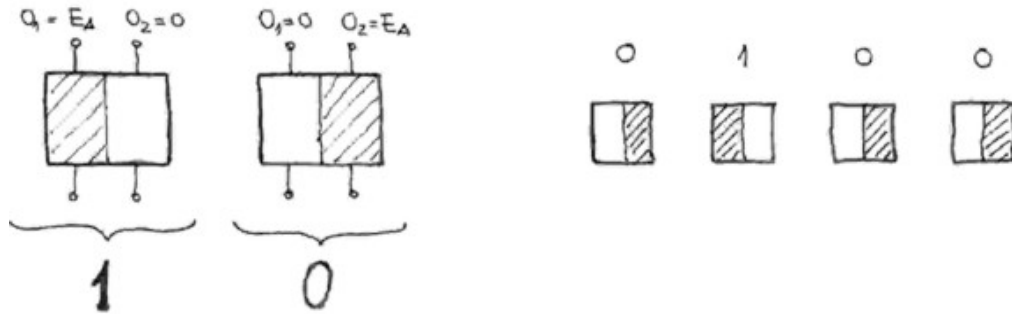


Fig. 4.6. CBB ca celula de memorie (a) și registru cu 4 celule binare (b)

Daca se utilizeaza siruri de CBB care se numesc registre, se pot memora numere mai mari. De exemplu in figura 4.6.b un registru de 4 celule poate memora cifre binare de la 0000 la 1111, adica de la 0 la 15 zecimal (in figura este cifra 4).

#### Utilizarea ca divizor de frecventa (numaratoare)

Atunci cand este utilizat in comanda comuna, CBB realizeaza o divizare cu 2 a impulsurilor de comanda. Daca privim schema simplificata si diagramele din figura 4.7. se poate vedea ca daca avem la intrare o succesiune de impulsuri de o frecventa  $f$ , dupa ce impulsurile de iesire sunt trecute printr-un circuit de derivare si limitare care pastreaza impulsuri scurte doar pentru fronturile crescatoare se obtine la intrarea  $CBB_2$  o succesiune de impulsuri de 2 ori mai rare. Frecventa a scazut de 2 ori. Sau altfel, la 2 impulsuri de intrare am obtinut unul la iesire. Acesta este un numarator cu 2.

Daca se pun doua CBB se face o divizare cu 4 (numara 4 impulsuri), pentru trei o divizare cu 8 s.a.m.d. De fapt prin utilizarea unor scheme doar cu puțin mai complicate se poate face divizare (numarator) cu orice numar.

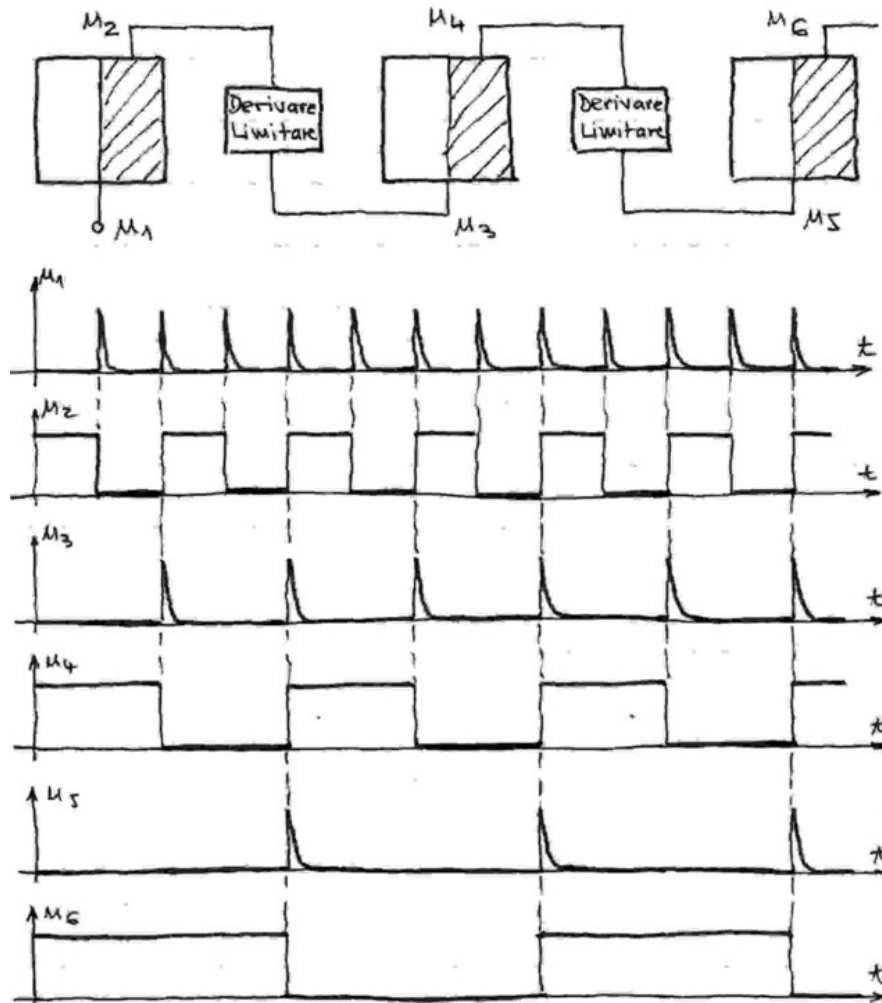


Fig. 4.7. Forma tensiunilor la un divizor de frecventa cu trei CBB

#### 4.2.4. Circuite de comandă pentru CBB

##### Circuite cu comandă separată

Impulsurile de comandă sunt obținute obișnuit cu circuite de derivare și apoi sunt selectate cele de polaritatea dorită. Impulsul de comandă doar inițiază procesul de basculare care se desavârșește prin mecanismul de reacție pozitivă descris mai înainte.

Comanda CBB se poate face în diferite moduri. Impulsurile de comandă pot fi aplicate atât pe baza cât și pe colectorul tranzistoarelor, pot fi atât pozitive cât și negative. Comanda pe bază este mai sensibilă decât cea pe colector.

Impulsurile de comandă pot deschide un tranzistor aflat în zona de blocare sau pot bloca un tranzistor care este în conducție, la saturație sau uneori în zona activă.

Comanda cu impulsuri care blochează un tranzistor aflat în conducție are două avantaje:

- sensibilitatea la comandă a CBB este mai mare;
- energia necesară pentru a produce bascularea este mai mică.

Astfel, pentru un CBB realizat cu tranzistoare npn bascularea se face în condiții optime dacă se aplică un impuls negativ pe baza tranzistorului în conducție.

Un astfel de circuit este prezentat în figura 4.8.

Pentru comanda pe colector circuitul de comandă este similar, punctul de comandă fiind deplasat de pe bazele tranzistoarelor pe colectoarele acestora.

### Circuite cu comandă comună

Un circuit de comandă comună produce basculare la fiecare front de o anumită polaritate. El creează impulsuri de comandă dar mai trebuie să le dirijeze alternativ spre cele două tranzistoare.

### Circuit cu comandă comună pe baze

Un astfel de circuit este prezentat în figura 4.9. Modul de funcționare este prezentat în continuare.

Fie circuitul în starea:

T1-saturat

T2-blocat

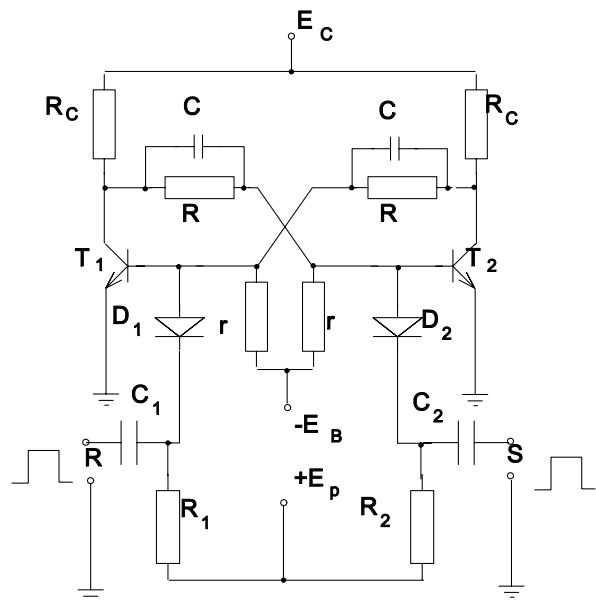


Fig. 4.8. CBB cu circuit de comandă separată pe baze

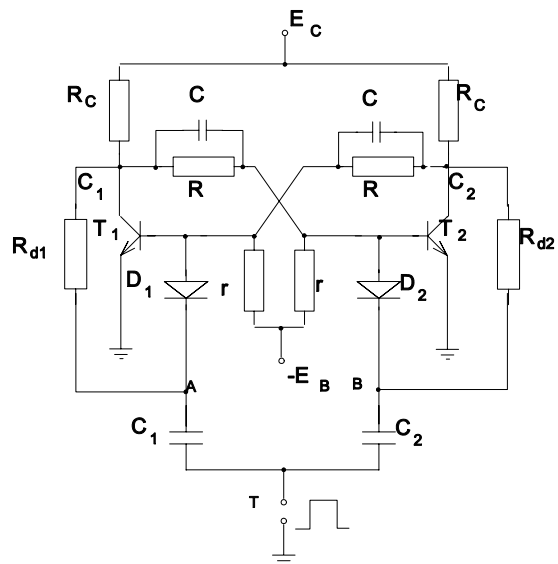


Fig. 4.9. CBB cu circuit de comandă comună



Tensiunile în diferite puncte ale schemei au următoarele valori tipice (pentru tranzistoarele cu siliciu) :

$$U_{C1}=+0,1V;$$

$$U_{B1}=+0,7V;$$

$$U_{C2}=+E_C;$$

$$U_{B2}=-0,1V$$

Dioda  $D_1$  are pe anod potențialul  $+0,7\text{ V}$  corespunzător celui al bazei tranzistorului în saturație iar pe catod, prin  $R_{d1}$  are potențialul  $+0,1\text{ V}$  și deci este polarizată direct cu tensiunea aproximativ  $0,6\text{ V}$  fiind la limita de intrare în conducție. Dioda  $D_2$  are pe anod potențialul  $+0,1\text{ V}$  corespunzător, prin rezistența  $R$  celui al colectorului tranzistorului în saturație iar pe catod, prin  $R_{d2}$  are potențialul  $+E_C$  și deci este polarizată invers cu o tensiunea aproximativ egală cu  $E_C$  fiind deci blocată cu o tensiune mare. Impulsul de declanșare  $T$  este diferențiat de grupurile  $R_{d1}$ ,  $C_1$  și  $R_{d2}$ ,  $C_2$ . Impulsurile pozitive rezultate prin diferențiere vor fi eliminate de diodele  $D_1$  și  $D_2$ . Dintre cele două impulsuri negative rezultate prin diferențiere, va fi favorizat cel care se aplică în catodul diodei în conducție,  $D_1$ . În acest fel fiecare front negativ determina comutarea circuitului, deoarece un impuls negativ este aplicat pe baza tranzistorului conductor.

### 4.3. Circuite basculante monostabile, CBM

Un circuit basculant monostabil în cea mai simplă variantă are schema din figura 4.10.  $R_B$  din schema CBB este înlocuită cu un grup  $R_1$ ,  $C_1$ . Circuitul are în mod obișnuit o intrare de comandă, în figura este pe baza tranzistorului 1 dar poate fi pusă atât pe baza tranzistorului 2 cât și pe colector. Poate exista de asemenea și o a doua intrare de comandă, sensibilă la impulsuri de polaritate opusă.

Fără o intervenție exterioară, CBM, se află într-o stare stabilă,  $T_1$  blocat și  $T_2$  în conducție.  $T_2$  este în conducție prin efectul rezistenței  $R_1$  ce polarizează baza direct de la sursa de tensiune continuă,  $E_{CC}$ .

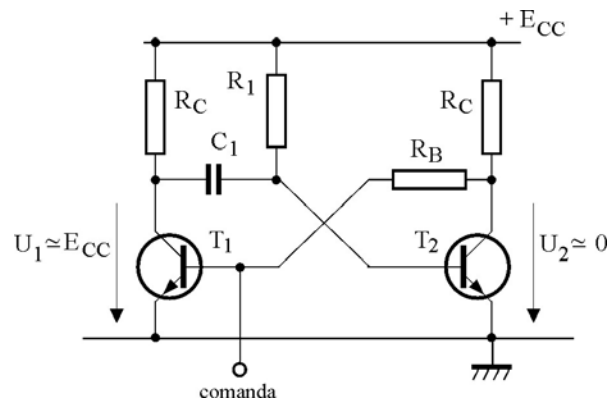


Fig. 4.10. Circuitul basculant monostabil

#### 4.3.1 Mecanismul de basculare

Dacă înlocuim tranzistoarele cu schemele echivalente simplificate circuitul este cel din figura 4.11. Curentul prin  $T_1$  și  $R_C$  este zero. Ieșirea 1, careia îi

corespunde tensiunea  $U_1$  este la nivel ridicat, iesirea 2 la nivel coborat. Condensatorul  $C_1$  este incarcat cu o tensiune egala cu  $E_{CC}$ , cu semnul din figura.

Daca se comanda CBM cu un impuls pozitiv pe baza  $T_1$ , pentru a-l scoate din blocare, prin mecanismul de basculare similar cu cel de la CBB se trece, intr-un interval de timp foarte mic, neglijabil, in starea a doua,  $T_1$  deschis,  $T_2$  blocat, iar la inceputul acestei stari schema echivalenta a CBM este aceea din figura 4.12. Deoarece timpul de basculare este foarte scurt, condensatorul ramane incarcat cu aceeaasi tensiune, ca in figura. Dar in acelasi timp condensatorul incepe un proces de incarcare de la sursa prin rezistenta  $R_1$ , cu un curent care tinde sa descarce condensatorul si sa-l reincarce cu semn opus. Procesul poate fi urmarit pe figura 4.33 unde sunt prezentate principalele forme de unda. Dupa basculare tensiunea de baza a  $T_2$ ,  $U_{B2}$ , urmareste evolutia tensiunii pe condensator. In starea stabila, pana la momentul  $t_1$ ,  $T_2$  era deschis si tensiunea  $U_{B2}$  era egala cu aproximativ 0,7V. La iesiri tensiunile erau la nivel coborat,  $U_2$ , ridicat,  $U_1$ . In momentul  $t_1$  se produce bascularea. La iesiri tensiunile se inverseaza.

Tensiunea pe baza tranzistorului  $T_2$  are un salt de la +0,7 V la o valoare negativa, egala cu tensiunea pe condensator, aproximativ  $-E_A$ . Din acest moment incepe descarcarea C prin R (curentul  $I_R$ ) si tensiunea pe condensator ca si pe baza  $T_2$  incepe sa creasca spre zero dupa o curba exponentiala tipica. Fara prezenta tranzistorului  $T_2$  tensiunea pe condensator ar trece de zero si ar ajunge in final la valoarea  $E_{CC}$  (linia punctata). Dar prezenta tranzistorului face ca o data ce tensiunea pe condensator si pe baza  $T_2$  ajunge la valoarea de deschidere a  $T_2$  (aproximativ 0,7 V), momentul  $t_2$ , tranzistorul sa se deschida si schema sa basculeze înapoi în starea inițială. Intr-adevar starea este cvas-stabila deoarece circuitul basculeaza singur din această stare.

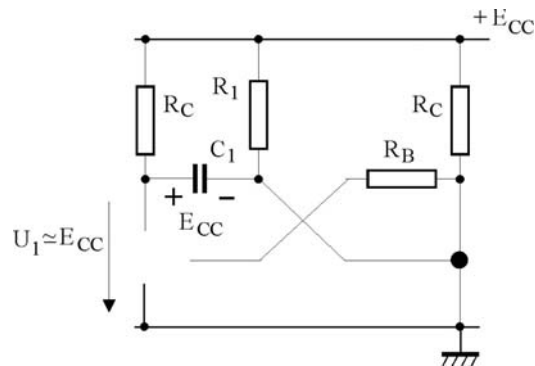


Fig. 4.11. Schema simplificata în starea stabilă.

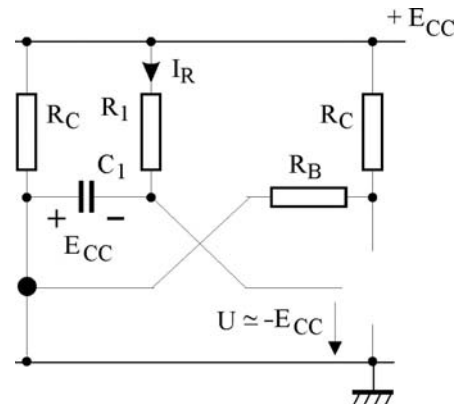


Fig. 4.12. Schema simplificata la inceputul starii cvasi-stabile

Schema echivalenta in acest moment este iarasi aceea din figura 5.31. Tensiunea  $U_2$  trece brusc, prin deschiderea  $T_2$ , la valoare scazuta iar aceea din colectorul  $T_1$  la valoare ridicata. O particularitate este ca  $U_1$  nu are o evolutie prin salt, ci ea urmareste procesul de incarcare al condensatorului, de data aceasta prin  $R_C$  si deci are o forma exponentiala, dar mult mai rapida decat in cazul incarcarii prin  $R_1$  (starea cvasi-stabila) fiindca  $R_C$  este mult mai mica decat  $R_1$ .

Timpul in care CBM ramane in starea cvasi-stabila depinde de constanta de timp a circuitului de incarcare,  $R_1C_1$ . Acest timp este dat de formula aproximativa:

$$T_i = 0,7 R_1 C_1 \quad (4.1)$$

#### 4.3.2. Utilizarea CBM

Circuitul are utilizari diverse, cateva fiind amintite in continuare.

- Formator de impulsuri de o latime data (figura 4.14)

- Circuit de intarziere a impulsurilor. Impulsul ce trebuie intarziat se foloseste ca impuls de comanda. Dupa un interval egal cu  $0,7 RC$ , la bascularea inversa acesta este refacut, dar cu intarzierea amintita.

- Circuit de temporizare (releu de timp), mecanismul fiind identic cu cel de intarziere.

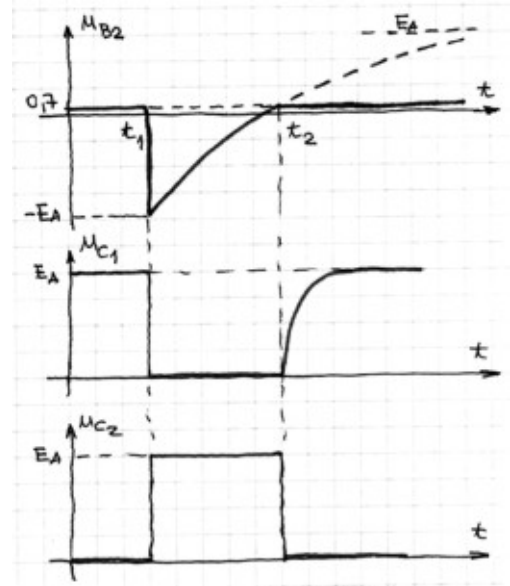


Fig. 4.13. Forma tensiunilor CBM

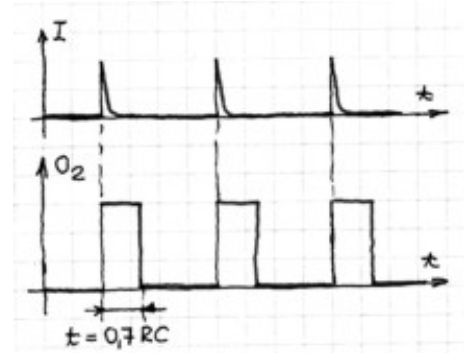


Fig. 4.14. Formator de impulsuri cu CBM

#### 4.4. Circuite basculante astabile, CBA

Un circuit basculant astabil in cea mai simpla varianta are schema din figura 4.15.a. Rezistentele  $R_B$  din schema CBB sunt inlocuite cu grupuri RC. Circuitul are doua iesiri si nu are in mod obisnuit intrari dar exista variante mai complexe cu intrari de sincronizare.

Ambele stari fiind cvasi-stabile circuitul trece, printr-un mecanism similar cu cel descris la CBM, dintr-o stare in alta, fara interventie exterioara. Forma tensiunilor de iesire este prezentata in figura 4.15.b. Circuitul este in fond un oscilator.

Alimentat, el produce la iesire o succesiune de impulsuri. Perioadele specifice,  $T_i$  si  $T_p$  depind de constantele de timp ale grupurilor RC fiind conforme formulei (4.1),  $0,7 R_1 C_1$  si  $0,7 R_2 C_2$ .

Circuitul este folosit îndeosebi ca generator de impulsuri.

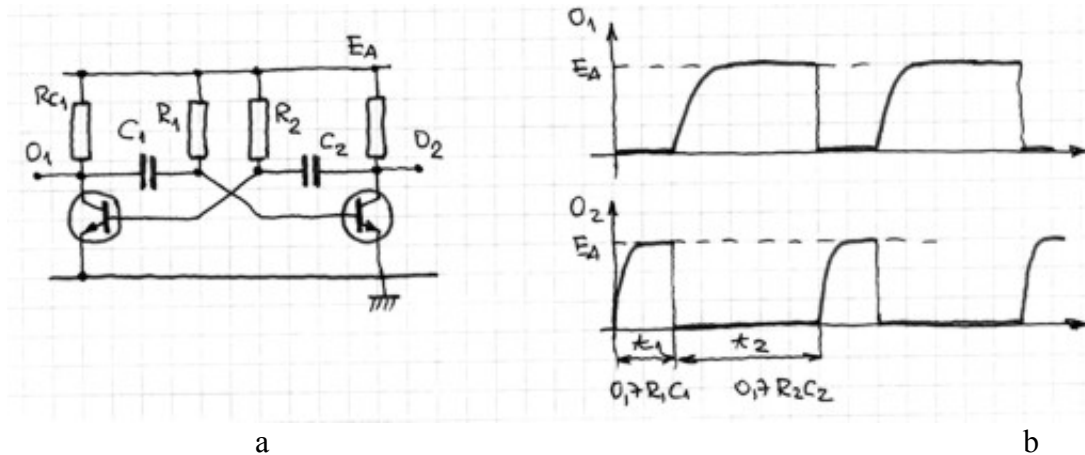


Fig. 4.15. Circuit basculant astabil (a) si forma tensiunilor (b)

## 4.5. Circuite basculante Schmitt, CBS

### 4.5.1 Schema și funcționarea CBS

Un circuit basculant Schmitt in cea mai simpla varianta are schema din

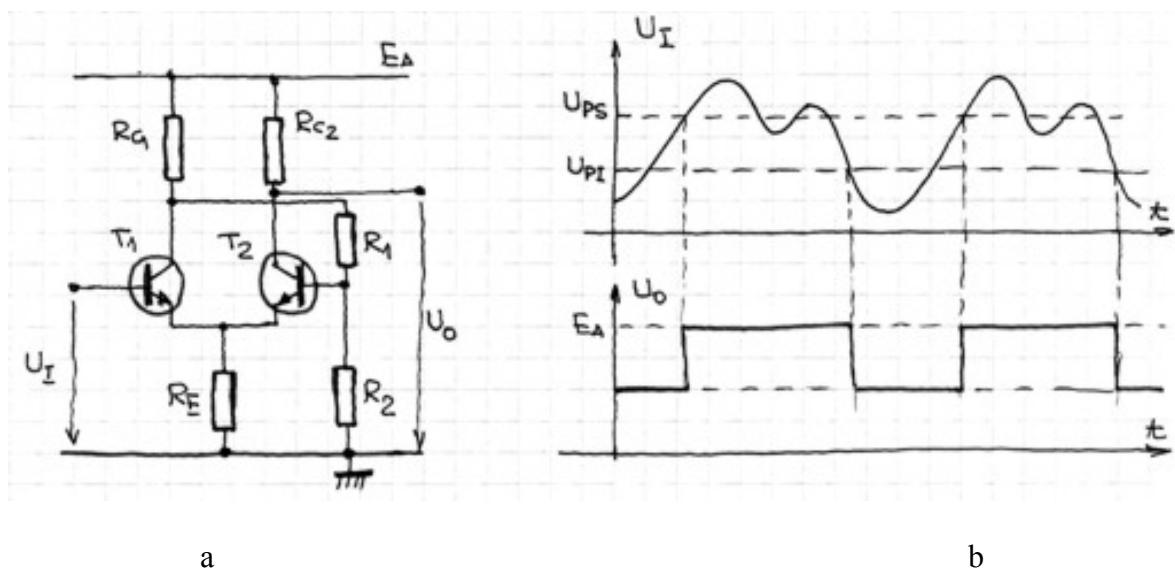


Fig. 4.16. Circuit basculant Schmitt (a) si forma tensiunilor (b)

figura 4.16.a. Cele doua tranzistoare au o rezistenta comuna de emitor. Circuitul are o intrare, baza primului tranzistor si doua iesiri care sunt in colectoarele tranzistoarelor si care sunt complementare ca la toate circuitele basculante. O deosebire este aceea ca tensiunile de iesire au un nivel coborat net mai mare decat nivelul de zero.

Modul de functionare al circuitului poate fi inteles urmarind formele principalelor marimi din figura 4.16.b. La intrare se presupune o tensiune de o forma oarecare. Pana cand tensiunea de intrare este sub un prag, denumit prag superior, circuitul este in starea 1,  $T_1$  blocat,  $T_2$  deschis. La atingerea pragului superior circuitul basculeaza (exista o reactie pozitiva puternica prin  $R_1$ ) in starea 2,  $T_1$  deschis,  $T_2$  blocat. Daca tensiunea de intrare coboara sub pragul superior CBS nu basculeaza inapoi in starea 1. El va ramane in starea 2 pana cand tensiunea de intrare atinge un al doilea prag, mai mic, denumit prag inferior. Doar cand tensiunea de intrare coboara sub acest prag inferior CBS basculeaza.

Pragurile pot fi alese din proiectare si se pastreaza cu precizie. Viteza de tranzitie si deci fronturile sunt mai rapide decat la alte variante de circuite basculante.

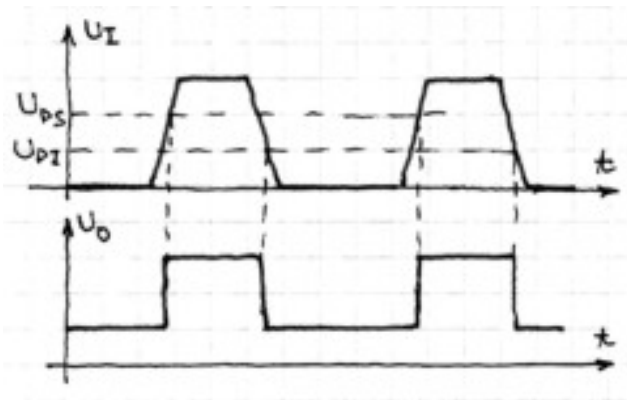


Fig. 4.17. Formator de impulsuri cu CBS

#### 4.5.2 Utilizarea CBS

CBS are multiple utilizări. Două dintre cele mai importante sunt prezentate în paragraful de față.

##### Formator de impulsuri

O calitate a CBS este, cum am amintit, viteza mare de basculare si deci fronturi mai rapide decat la alte variante de circuite basculante. Aceasta calitate face ca CBS sa fie utilizat ca circuit de corectare a fronturilor impulsurilor (figura 4.17).

##### Selector de impulsuri

Faptul ca bascularea se produce la nivele precise ale tensiunii fac ca CBS sa fie utilizat ca detector

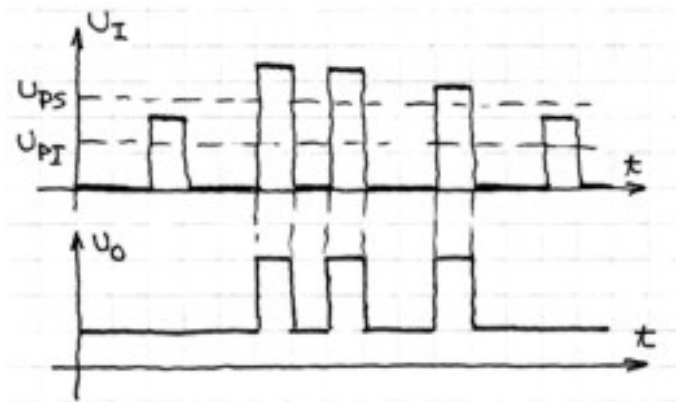


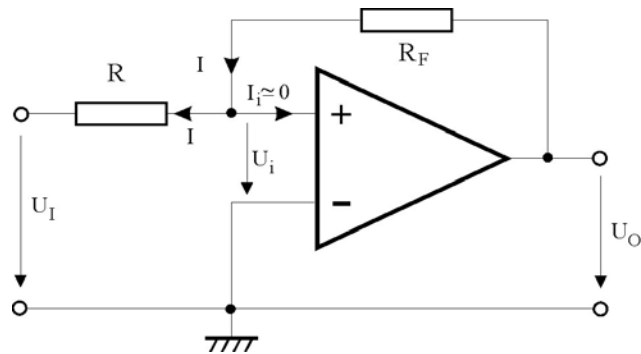
Fig. 4.18. Detector de nivel al impulsurilor cu CBS

de nivel. În figura 4.18 doar impulsurile mai înalte de nivelul pragului superior sunt selectate.

### 4.5.3 CBS cu amplificator operațional

Privind schema CBS din figura 4.16 a se poate observa că el este în esență un amplificator diferențial cu reacție pozitivă. Dar un AO nu este altceva decât un amplificator diferențial cu performanțe superioare realizat sub formă integrată. Din acest motiv CBS poate fi realizat și cu ajutorul AO.

Un CBS cu AO este are reacție pozitivă, realizată cu ajutorul unei rezistențe de reacție între ieșire și intrarea neînversoare.



4.19. CBS cu AO fără inversare.

Tensiunea de intrare poate fi aplicată pe oricare dintre cele două intrări și funcție de acest fapt circuitele CBS cu AO sunt de două feluri, ambele prezentate în continuare.

#### CBS fără inversare

Tensiunea de intrare se aplică în acest caz, ca și tensiunea de reacție, pe intrarea neînversoare. Schema simplificată este prezentată în figura 4.19.

**Observație :** deși seamănă cu amplificatorul inversor cu AO aici reacția este pozitivă, rezistența de reacție leagă ieșirea cu intrarea neînversoare (+) !

Deoarece reacția este pozitivă, puternică, AO nu este în regim de amplificare, cu  $U_O$  între  $+E_A$  și  $-E_A$  (am presupus amplificatorul alimentat de la o sursă dublă) ci în saturație,  $U_O$  fiind fie la valoarea de saturație superioară, o presupunem egală cu  $E_A$ , fie la valoarea de saturație inferioară, o presupunem egală cu  $-E_A$ .

Dacă presupunem  $U_I$  la nivel coborât,  $-E_A$ , atunci  $U_O$  este de asemenea  $-E_A$ . Situația se menține până când, prin creșterea  $U_I$  se atinge nivelul la care  $U_i$  depășește nivelul 0 V. Calcule simple arată că acest lucru se întâmplă când tensiunea de intrare devine pozitivă, egală cu :

$$U_i = E_A R / R_F,$$

moment în care circuitul basculează și  $U_O$  devine  $+E_A$ . Dacă intrarea se modifică între aceleași limite,  $+E_A$  și  $-E_A$  se observă că mai există o condiție de basculare :

$$R < R_F$$

Creșterea tensiunii de intrare nu mai influențează comportarea circuitului.

Dacă tensiunea de intrare scade, se poate arăta că bascularea inversă are loc la nivelul :

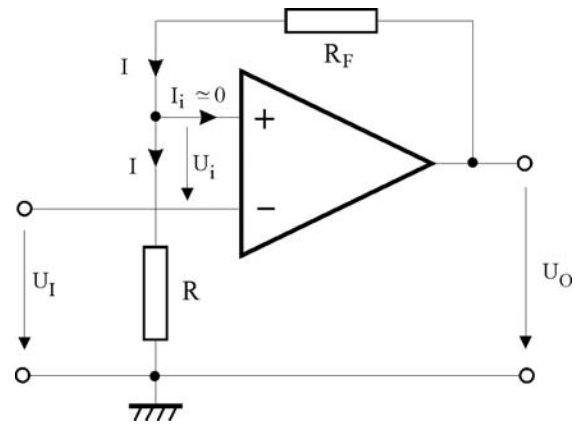
$$U_I = -E_A R/R_F,$$

### CBS cu inversare

Tensiunea de intrare se aplică în acest caz pe intrarea neinversoare. Schema simplificată este prezentată în figura 4.20.

**Observație :** desi seamănă cu amplificatorul neinversor cu AO aici reacția este pozitivă, rezistența de reacție leagă ieșirea cu intrarea neinversoare (+) !

Funcționarea este similară și chiar și pragurile de basculare se păstrează.



4.20. CBS cu AO cu inversare.