

CAPITOLUL 3

CIRCUITE ELEMENTARE PENTRU FORMAREA IMPULSURILOR

3.1. Comportarea circuitelor simple la un semnal dreptunghiular

Se prezintă pe scurt cum se comportă elementele reactive și circuitele simple la acțiunea unui semnal dreptunghiular ideal.

3.1.1. Elementele reactive

Bobina, dacă este supusă unui semnal dreptunghiular de tensiune, atunci rezultatul, curentul prin bobină va fi (figura 3.1):

$$i_L = \frac{1}{L} \int u_L dt = \frac{U}{L} t \quad (3.1)$$

Curentul este liniar crescător iar panta este cu atât mai mare cu cât saltul de tensiune este mai mare și bobina are inductanța de valoare mai mică. Cu cât L este mai mare cu atât variația curentului este mai lentă.

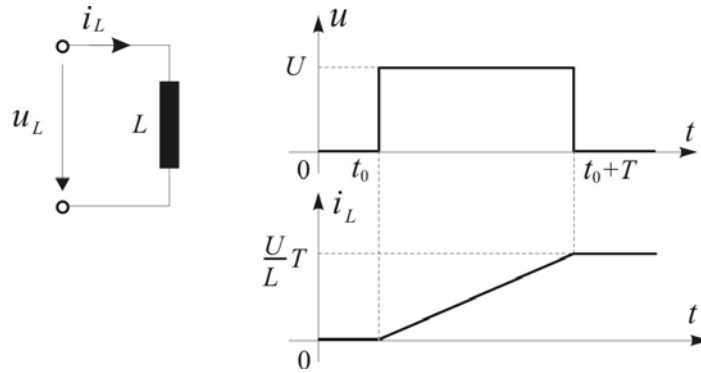


Fig. 3.1. Bobină sub impuls dreptunghiular

Un semnal dreptunghiular de curent (ideal) nu poate fi aplicat unei bobine deoarece ar conduce la salturi infinite de tensiune, imposibile în realitate:

$$u_L = L \frac{di}{dt} \quad \text{și dacă curentul variaza prin salt derivata este infinită.}$$

Similar, dacă un condensator este supus unui semnal dreptunghiular de curent, (situație mult mai des întâlnită în practică) atunci rezultatul, tensiunea pe condensator va fi (figura 3.2):

$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt = \frac{I}{C} t \quad (3.2)$$

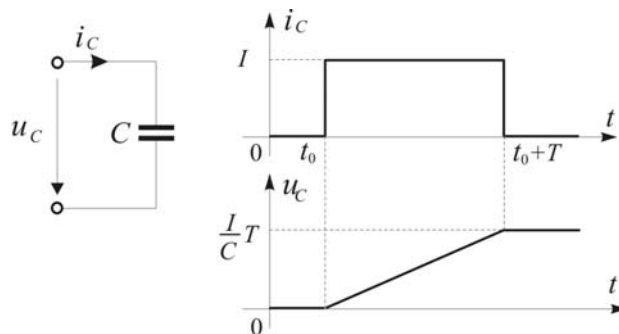


Fig. 3.2. Condensator sub impuls dreptunghiular

Tensiunea la bornele condensatorului este liniar crescătoare iar panta este cu atât mai mare cu cât saltul de curent este mai mare și condensatorul are capacitatea de valoare mai mică. Cu cât C este mai mare cu atât variația tensiunii este mai lentă.

Schimbarea sensului curentului, adică aplicarea unui impuls bipolar conduce la micșorarea tensiunii, variația fiind tot liniară. Se pot obține astfel forme triunghiulare sau în dinte de fierăstrău cum sunt numite cele nesimetrice (figura 3.3). Pentru revenirea tensiunii la nivelul zero în acest caz, trebuie ca sarcina adăugată și cea evacuată să fie egale (suprafetele mai întunecate).

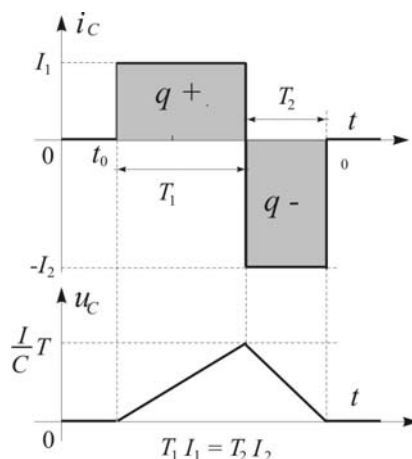


Fig. 3.3. Condensator ca formator de impulsuri triunghiulare

Un semnal dreptunghiular de tensiune nu poate fi aplicat unui condensator deoarece ar conduce la salturi infinite de curent.

3.1.2. Comportarea circuitului RC serie la semnal dreptunghiular

Unul din circuitele simple de formare a impulsurilor este circuitul RC . Se prezinta aici cum functioneaza aceasta combinatie atunci cand este supusa actiunii unui impuls dreptunghiular de tensiune suficient de lung, mult mai lung decat regimul tranzitoriu de incarcare si descarcare a condensatorului (figura 3.4)

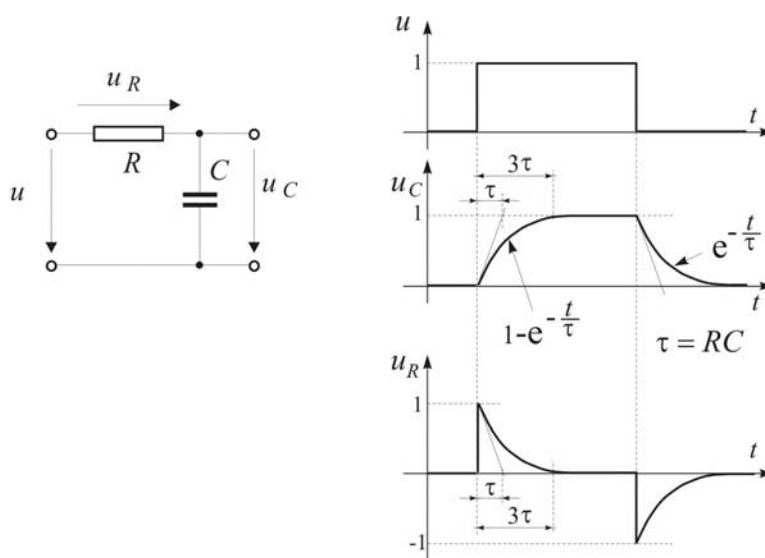


Fig. 3.4. Circuit RC sub impuls dreptunghiular

Pe condensator tensiunea crește după o curbă exponențială a cărei pantă inițială depinde de constanta de timp a circuitului, $\tau = RC$ și scade la deconectare similar. Pe rezistență apar impulsuri cu salt urmate de descreștere exponențială similară, salturile fiind atât pozitive, ca răspuns la tranziția directă, cât și negative, ca răspuns la la tranziția inversă.

3.1.3. Comportarea circuitului RL serie la semnal dreptunghiular

Unul al doilea circuit simplu de formare a impulsurilor este circuitul RL sub acțiunea unui același impuls dreptunghiular de tensiune suficient de lung față de constanta de timp a circuitului, $\tau = R/L$ (figura 3.5)

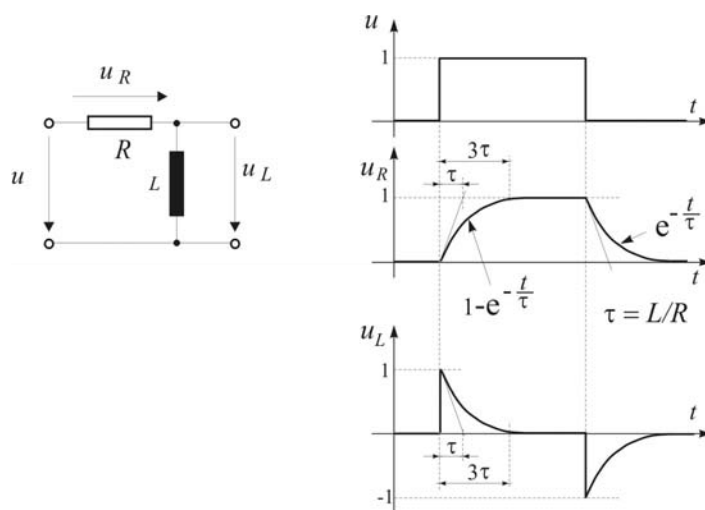


Fig. 3.5. Circuit RL sub impuls dreptunghiular

Pe rezistență tensiunea crește după o curbă exponențială a cărei pantă inițială depinde de constanta de timp a circuitului, $\tau = L/R$ și scade la deconectare similar. Pe bobină apar impulsuri cu salt urmate de descreștere exponențială, salturile fiind atât pozitive, ca răspuns la tranziția directă, cât și negative, ca răspuns la la tranziția inversă.

3.1.4. Efectul sarcinii și a condensatorului de accelerare la circuitul RC

Un circuit RC de tipul prezentat nu este utilizat ca un singur element ci în circuite mai complexe. Asta înseamnă că ieșirea este conectată la un alt circuit care are la rândul lui o rezistență de intrare (presupunem că nu are componente reactive) ca sarcină echivalentă.

Atunci forma tensiunilor rămâne aceeași dar se modifică nivelul maxim care se reduce conform divizorului rezistiv care se formează (fig. 3.6) și în plus timpii de comutație se micșorează pentru că rezistența echivalentă la bornele condensatorului este mai mică și deci și constanta de timp este mai mică.

Dacă însă se conectează un alt condensator în paralel pe rezistența R , atunci se pot micșora timpii de comutație și formele de unda pot să arate, la o alegere corectă a elementelor, ca în secțiunea finală a figurii 3.6.

Metoda este larg folosită pentru a micșora timpii de tranziție la un comutator cu tranzistor, iar condensatorul suplimentar se numește de accelerare.

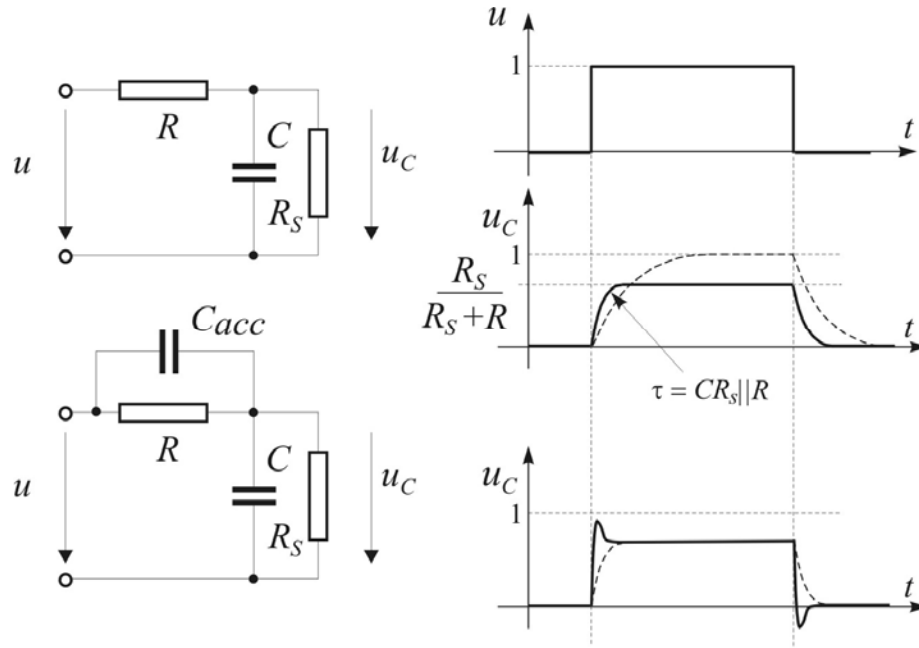


Fig. 3.6. Circuit RC cu sarcină și condensator de accelerare

3.1.5. Comportarea circuitului RLC serie la semnal dreptunghiular

Un circuit RLC serie (figura 3.7) se comportă în două moduri diferite la acțiunea unui semnal de tensiune dreptunghiular în funcție de doi parametri ai circuitului:

Amortizarea: $\delta = \frac{R}{2L}$ (3.3)

Frecvența de rezonanță $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (3.4)



Fig. 3.7. Circuit RLC serie

Dacă amortizarea este mai mare decât ω_0 ($2\pi f_0$) circuitul este amortizat iar dacă este mai mică circuitul este oscilant. Egalitatea are loc dacă circuitul este amortizat critic.

Pentru fiecare caz în parte forma mărimilor principale poate fi urmărită pe figurile 3.8.:

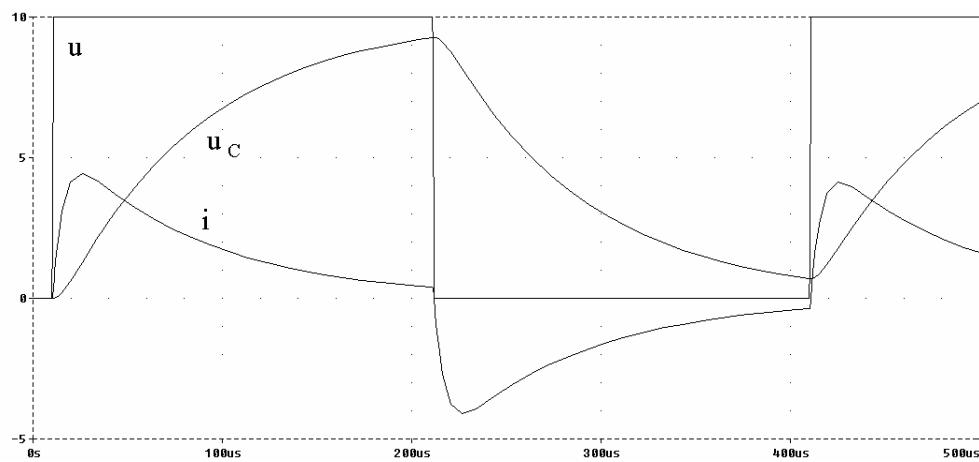


Fig. 3.8.a. Regim amortizat

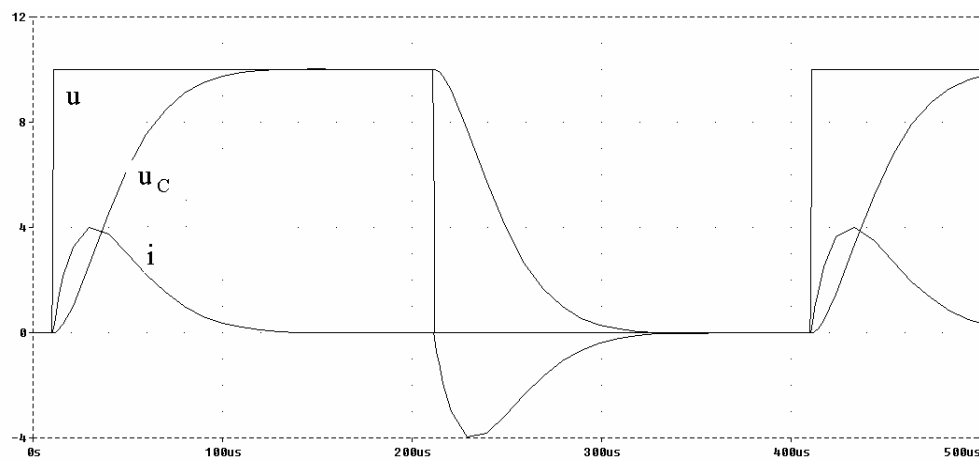


Fig. 3.8.b. Regim amortizat critic

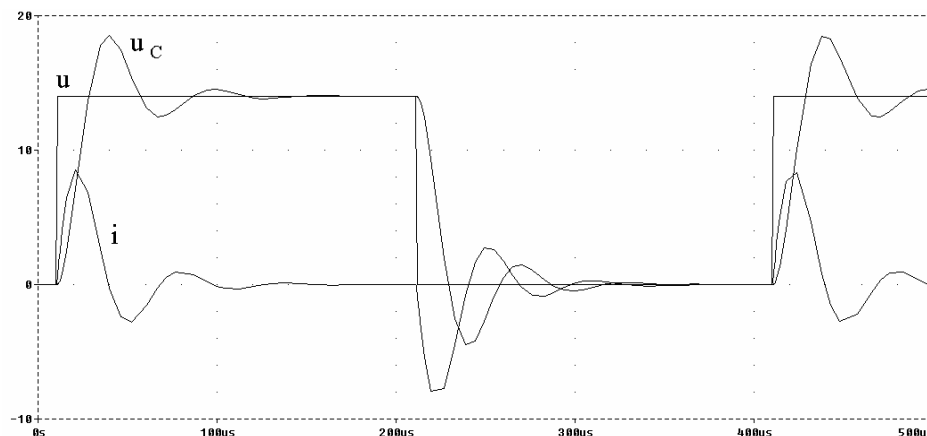


Fig. 3.8.c. Regim oscilant

Chiar dacă un circuit comandat cu semnal dreptunghiular nu are inductanțe în componența, inductanța parazită a liniilor de conexiune poate provoca apariția unor oscilații suprapuse peste semnalul dreptunghiular a căror eliminare este uneori dificilă. Ca idee generală trebuie mărită rezistența circuitului pentru a-l aduce sub punctul critic.

Pentru circuitul RLC paralel lucrurile sunt similare, dar circuitul trebuie supus unui curent dreptunghiular iar răspunsul este tensiunea la borne.

3.2. Circuite elementare de formare a impulsurilor

Circuitele elementare de formare se impart in trei categorii importante:

1. Circuite de formare cu elemente pasive, de tip RC sau RL, primele fiind mai des utilizate;
2. Circuite de limitare cu diode;
3. Circuite de formare cu amplificatoare;

3.2.1 Circuite RC de formare a impulsurilor

Un circuit de formare RC are doua elemente de circuit pasive, o rezistență, R și un condensator, C , care, prin cele doua moduri distincte de asezare in schema formatorului conduc la obtinerea a doua tipuri de circuite de formare, unul numit de derivare a impulsurilor, al doilea de integrare a impulsurilor, functionarea lor amintind de cele doua operatii matematice.

Circuit RC de derivare a impulsurilor

Circuitul are schema si formele principale ale tensiunilor prezentate in figura 3.9.

Grupul RC este in forma de cuadripol de tip gama. La bornele de intrare este o succesiune de impulsuri dreptunghiulare. La bornele de iesire se obtin, la fiecare dintre fronturile impulsurilor de intrare, impulsuri ascutite, cu front initial abrupt dar cu frontul urmator mai putin abrupt, de forma exponentiala. Este esential că pentru

fronturile crescatoare se obtin impulsuri pozitive, iar pentru fronturile descrescatoare se obtin impulsuri

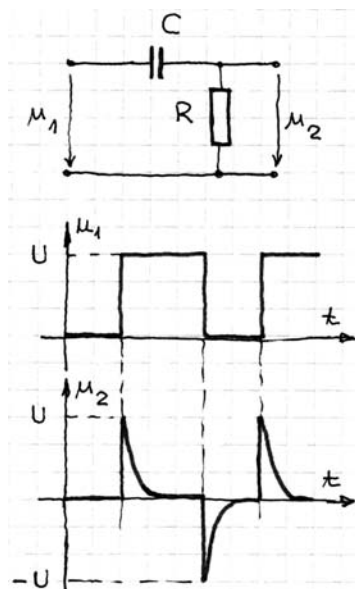


Fig. 3.9 . Circuit de derivare a impulsurilor

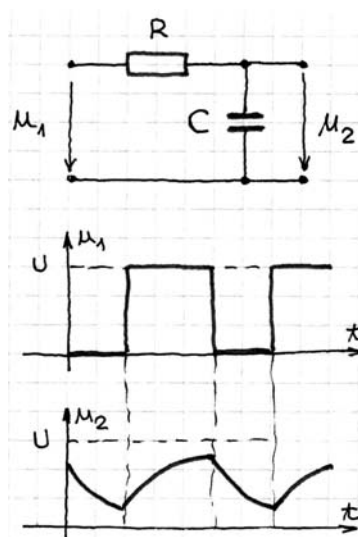


Fig. 3.10. Circuit de integrare a impulsurilor

negative. Sunt marcate in acest fel si pot fi apoi usor decelate cele doua tipuri de fronturi cat si momentele de timp la care apar fiecare.

Pentru ca circuitul sa functioneze ca in figura trebuie indeplinita o conditie, si anume:

$$\tau = RC \ll \min (T_i, T_p), \quad (3.5)$$

adica trebuie ca grupul R, C sa aibe constanta de timp, $\tau = RC$ mult mai mica decat cea mai mica dintre duratele impulsului sau pauzei succesiunii de impulsuri de la intrare.

Circuit RC de integrare a impulsurilor

Circuitul are schema si formele principale ale tensiunilor prezentate in figura 3.10.

Grupul RC este in forma de cuadripol de tip gama. La bornele de intrare este o succesiune de impulsuri dreptunghiulare. La bornele de iesire se obtin impulsuri cvasi-triunghiulare cu pante de forma exponentiala. Circuitul este mult mai rar utilizat, de obicei pentru separarea simpla a impulsurilor dupa latime prin translatarea latimii in inaltime, un parametru al impulsurilor mult mai usor de evaluat. Ce se intampla daca impulsurile au latimi mult diferite se poate observa in figura 3.11.

Pentru ca circuitul sa functioneze corect trebuie indeplinita o conditie, si anume:

$$\tau = RC \gg \max (T_i, T_p), \quad (3.6)$$

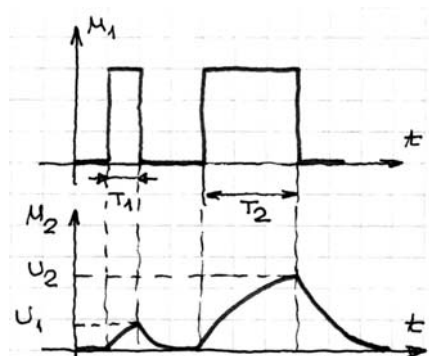


Fig. 3.11. Translatie timp-nivel

adica trebuie ca grupul RC sa aibe constanta de timp, $\tau = RC$ mult mai mare decat cea mai mare dintre duratele impulsului sau pauzei succesiunii de impulsuri de la intrare.

3.2.2 Circuite de limitare cu diode

Limitarea se refera aici la amplitudinea impulsurilor. Cu ajutorul circuitelor de limitare amplitudinea impulsurilor este fixata intre doua limite precise. De obicei una dintre limite este zero.

Cel mai simplu circuit de limitare a impulsurilor este reprezentat de o simpla dioda, conectata ca in figura 3.12. Presupunem ca avem la intrarea circuitului de limitare o succesiune de impulsuri pozitive si negative cum sunt acelea obtinute cu ajutorul circuitului RC de derivare.

Daca dioda este cu sensul din prima varianta de schema (a), atunci are ca efect limitarea impulsurilor de intrare intre nivelul zero si nivelul U de tensiune. Se obtine de fapt selectia impulsurilor pozitive (tensiunea u_2) sau echivalent, eliminarea impulsurilor negative

Daca dioda este cu sensul din varianta a doua (b), atunci are ca efect limitarea impulsurilor de intrare intre nivelul zero si nivelul negativ, $-U$ de tensiune. Se obtine de fapt selectia impulsurilor negative (tensiunea u_2).

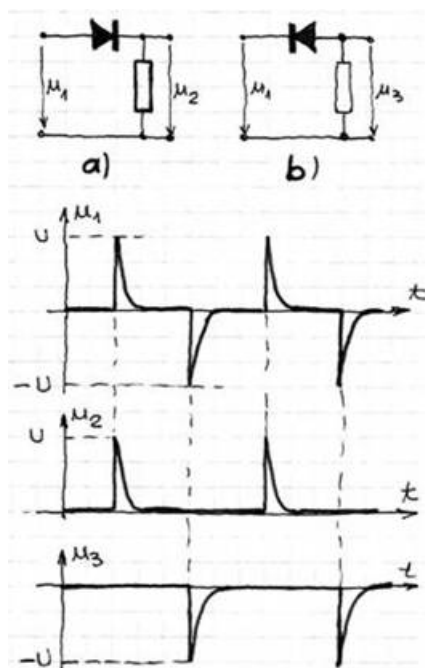


Fig. 3.12. Circuite de limitare simple

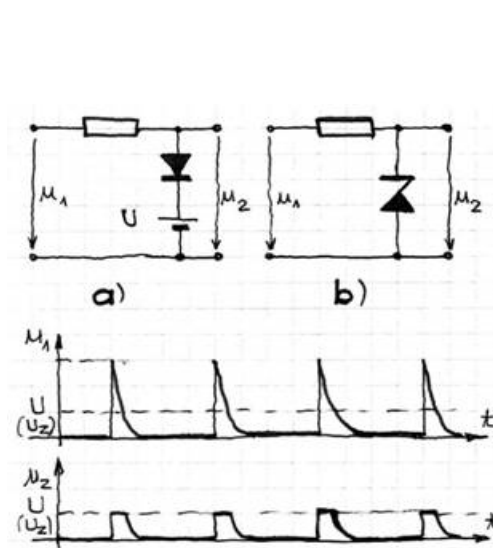


Fig. 3.13. Circuite de limitare cu prag.

O a doua categorie de circuite de limitare cu diode limiteaza amplitudinea impulsurilor la o valoare mai mica decat amplitudinea lor maxima de la intrarea circuitului. Doua dintre variantele simple sunt prezentate in figura 3.13. Amplitudinea impulsurilor la iesirea circuitului este data in prima varianta (a) de valoarea unei surse

de tensiune continua auxiliara iar in a doua varianta de schema (b) de valoare tensiunii de deschidere a diodei Zener.

3.2.3 Circuite de formare a impulsurilor cu amplificatoare

Un circuit frecvent utilizat pentru formarea impulsurilor este cel din figura 3.14 si care nu este altceva decât este un amplificator cu tranzistor in conexiune emitor comun. Cum am amintit cand am prezentat schema, pana la o anumita frecventa sau timpi de tranzitie efectul este imbunatatirea fronturilor impulsurilor (figura 2.10). Calitatea fronturilor depinde direct de amplificarea în tensiune a amplificatorului.

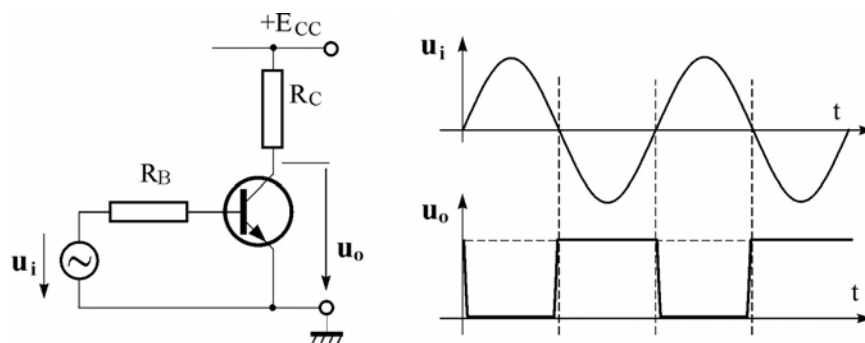


Fig. 3.14. Formator de impulsuri cu amplificator cu tranzistor

Circuitul e utilizat deseori pentru transformarea impulsurilor sinusoidale in impulsuri dreptunghiulare asa cum se poate urmari pe figura 3.14. In general cand fronturile nu trebuie să fie rapide solutia cea mai ieftina este un astfel de amplificator. Un dezavantaj al acestui circuit este acela ca, in special la fronturile descrescatoare, pot sa apara intarzieri importante intre fronturile de la intrare si cele de la iesire (figura 2.11).

O alta varianta mai buna este amplificatorul diferential, fie cu tranzistoare, fie in varianata amplificator operațional. .O schemă simplificată este prezentată în figura 3.15. Impulsurile de ieșire sunt în acest caz bipolare, amplitudinea lor fiind între $+E_A$... $-E_A$ dar pot fi readuse cu ușurință la o formă unipolară. Fronturi sunt mult mai scurte fiindcă AO are amplificare mult mai mare.

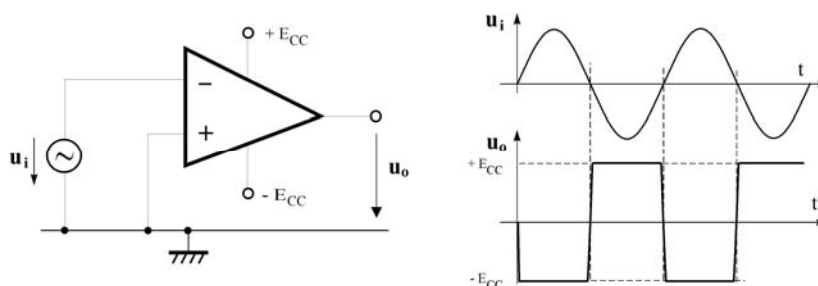


Fig. 3.15. Formator de impulsuri cu AO

Mai sunt folosite in scopul formarii circuite integrate specializate denumite comparatoare de tensiune.