



UNIUNEA EUROPEANĂ



GVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



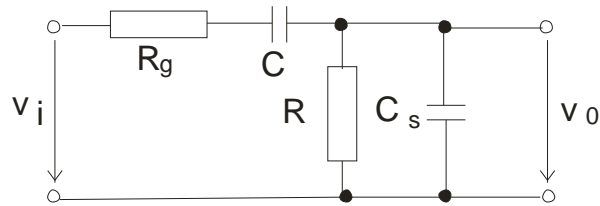
Platformă de e-learning și curriculă e-content pentru învățământul superior tehnic

Electronică Digitală

2. Circuite elementare de prelucrare a impulsurilor

Circuitul RC serie real

- neidealități: R_g, C_s, R_s ;
- se analizează numai circuitul de derivare;
- R_s se consideră înglobat în R ;
- concluziile sunt generale;



Cazuri particulare:

- a) $R_g = 0$, $C_s = 0$, circuit de derivare ideal, salt de tensiune de valoare E :

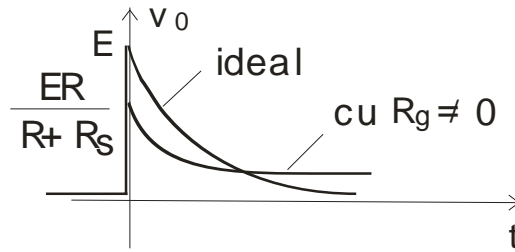
$$v_0(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \tau = CR.$$

- b) $R_g \neq 0$, $C_s = 0$, salt de tensiune de valoare E :

- saltul de tensiune se distribuie între R și R_g :

$$v_0(0) = E \frac{R}{R + R_g}; \quad \tau_b = C(R + R_g) = \tau \left(1 + \frac{R_g}{R}\right).$$

$$v_0(t) = E \frac{R}{R + R_g} e^{-\frac{t}{\tau_b}}$$



- se modifică constanta de timp, neesențial;

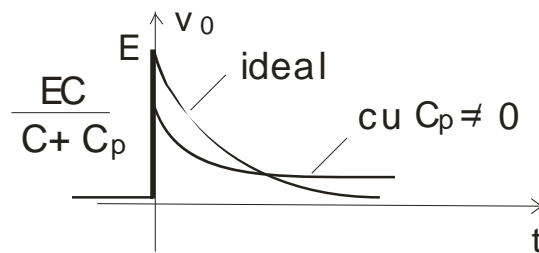
- se micșorează amplitudinea impulsului format: $\Rightarrow R \gg R_g$.

c) $R_g = 0$, $C_s \neq 0$, salt de tensiune de valoare E :

- saltul de tensiune se distribuie între C și C_s :

$$v_0(0) = E \frac{C}{C + C_s}, \quad \tau_c = R(C + C_s) = \tau \left(1 + \frac{C_s}{C}\right).$$

$$v_0(t) = E \frac{C}{C + C_s} e^{-\frac{t}{\tau_c}}$$



- se modifică constanta de timp, neesențial;

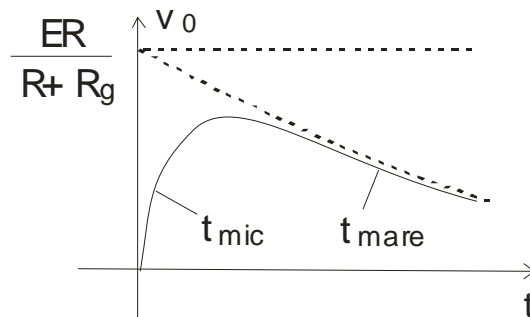
- se micșorează amplitudinea impulsului format: $\Rightarrow C \gg C_s$.

Concluzie: elementele adăugate prin proiectare trebuie să fie mult mai mari decât neidealităților circuitului.

d) $R_g \neq 0$, $C_s \neq 0$ dar: $R \gg R_g$, $C \gg C_s$, salt de tensiune de valoare E .

- pentru t mic:
$$v_0(t) = E \frac{R}{R + R_g} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_g}} \right); \quad \tau_g \cong R_g C_s \ll \tau;$$

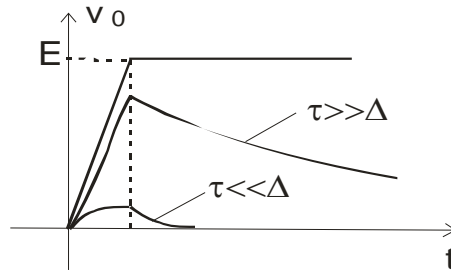
- pentru t mare:
$$v_0(t) = E \frac{R}{R + R_g} e^{-\frac{t}{\tau_b}}.$$



- se micșorează amplitudinea, neesențial;

- apare un front crescător finit al tensiunii de ieșire care determină o întârziere a comenzii pentru circuitul următor: $\Rightarrow R_g \rightarrow 0, C_s \rightarrow 0$.

e) circuit ideal excitat cu o tensiune de tip pantă finită (Δ durata frontului tensiunii de comandă):



- răspunsul circuitului se determină fie prin calcul operațional sau prin rezolvarea ecuațiilor diferențiale corespunzătoare circuitului;
- dacă $\tau \ll \Delta$, amplitudine mică a impulsului de la ieșire;
- dacă $\tau \gg \Delta$, se reproduce frontul impulsului de la intrare;
- se impune: $\tau \gg \Delta$;
- întârziere suplimentară determinată de Δ ; deci trebuie: $\Delta \rightarrow 0$.

Concluzie: elementele adăugate (R, C, τ) trebuie să fie mult mai mari decât elementele parazite (R_g, C_s, Δ) și acestea trebuie să fie cât mai mici.

Parametrii comutatoarelor electronice

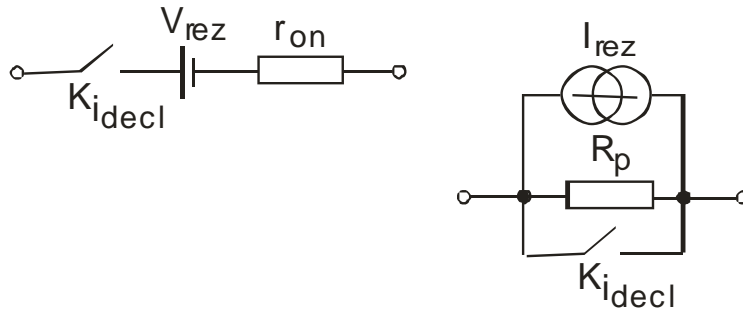
- comutator închis: tensiune reziduală (V_{rez}), rezistență serie (r_{on});
- comutator deschis: curent rezidual (I_{rez}), rezistență de pierderi (R_p);
- timpi de comutare directă (t_{cd}) și inversă (t_{ci}).

Comutator ideal: $V_{rez} = 0$, $r_{on} = 0$, $I_{rez} = 0$, $R_p = \infty$.



- pentru tensiune negativă nu circulă curent;
- pentru curent direct căderea de tensiune este nulă

Comutator real:

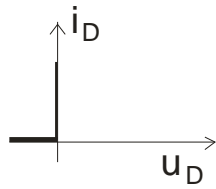


➤ comutator electronic cu diodă semiconductoră (dioda din siliciu):

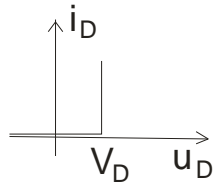
- caracteristica diodei: $i_D = I_0 (e^{\frac{qu_D}{kT}} - 1)$

- aproximarea caracteristicii:

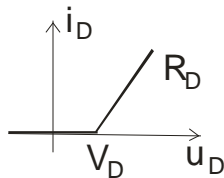
- diodă ideală:



- cu tensiune de prag, $V_D = 0,8V$ pentru curenți de ordinul mA, dependentă de temperatură și de curentul direct:



- cu tensiune de prag, $V_D = 0,8V$ și rezistență serie, R_D (pentru curenți mari), dependentă de curentul direct:



- tensiunea de deschidere a diodei, $V_{D0} = 0,6V$ la curenți de $10 \div 100 \mu A$

- I_{rez} neglijabil până la temperaturi mari; contează la circuite cu rezistențe foarte mari;

- rezistența dinamică, $r_d = \frac{kT}{qI_D}$, cu valoarea de 25Ω pentru

$$I_D = 1mA;$$

- rezistența de pierderi a diodei blocate, I_{rez} , este foarte mare, neglijabilă; poate conta doar în circuite cu rezistențe foarte mari.

- timpii de comutare sunt foarte mici, de obicei, neglijabili în comparație cu alte componente ale timpilor de comutare ai circuitelor electronice;

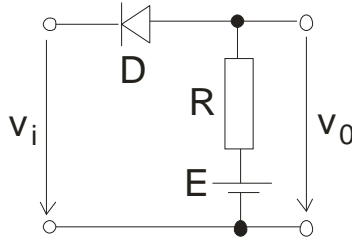
- în circuite integrate monolitice, se preferă ca diodă funcțiunea EB cu colectorul în scurt circuit la bază deoarece caracteristica curent-tensiune are alura cea mai abruptă.

Circuite de limitare cu diode

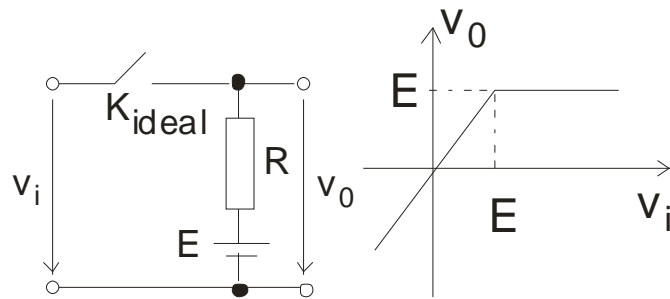
- tipuri de limitatoare:
 - cu limitare superioară
 - cu limitare inferioară
 - cu limitare bilaterală

 - cu dioda în serie
 - cu dioda în paralel
 - mixt (pentru limitatoare bilaterale)

a) limitator superior cu diodă serie



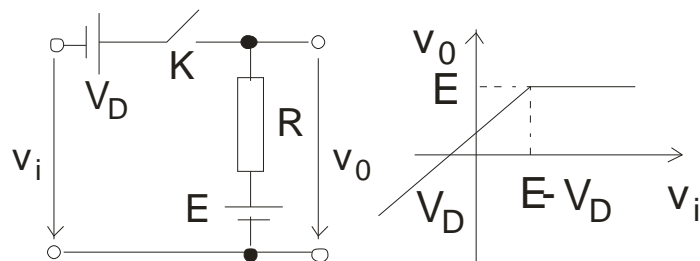
➤ dioda = comutator ideal



- pentru $v_i \leq E$, dioda deschisă, $v_o = v_i$;

- pentru $v_i \geq E$, dioda blocată, $v_o = E$.

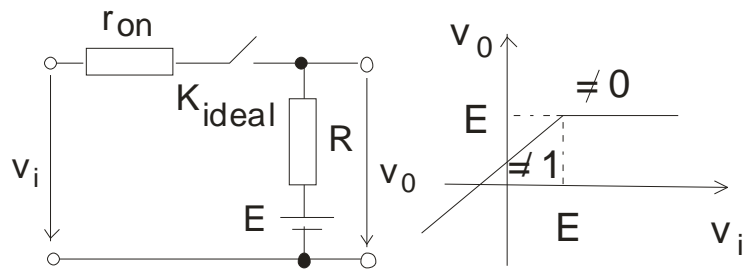
➤ influența tensiunii de prag a diodei, V_D :



- pentru $v_i \leq E - V_D$, dioda deschisă, $v_o = v_i + V_D$;

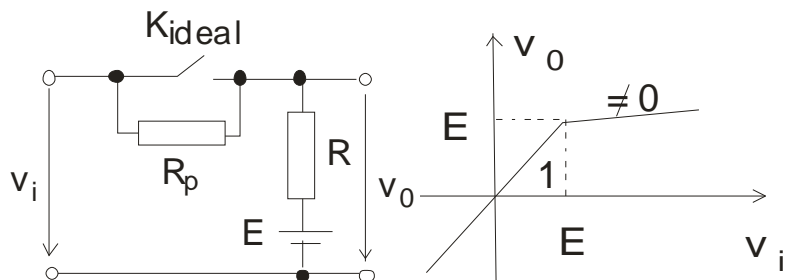
- pentru $v_i \geq E - V_D$, dioda blocată, $v_0 = E$;
- panta în regiunea liniară este 1;
- panta în regiunea de limitare este 0.

➤ influența rezistenței directe a diodei, r_{on} :



- pentru $v_i \leq E$, dioda deschisă, $v_0 = v_i \frac{R}{R + r_{on}} + E \frac{r_{on}}{R + r_{on}}$;
- pentru $v_i \geq E$, dioda blocată, $v_0 = E$;
- panta în regiunea liniară este mai mică decât 1;
- panta în regiunea de limitare este 0.

➤ influența rezistenței de pierderi a diodei, R_p :



- pentru $v_i \leq E$, dioda deschisă, $v_0 = v_i$;

- pentru $v_i \geq E$, dioda blocată,; $v_0 = v_i \frac{R}{R + R_p} + E \frac{R_p}{R + R_p}$;

- panta în regiunea liniară este 1;

- panta în regiunea de limitare este diferită de 0.

➤ impedanța de intrare (pentru rezistență de sarcină infinită și pentru diodă ideală) este:

- în regiunea liniară: $R_{\text{int}} = R$;

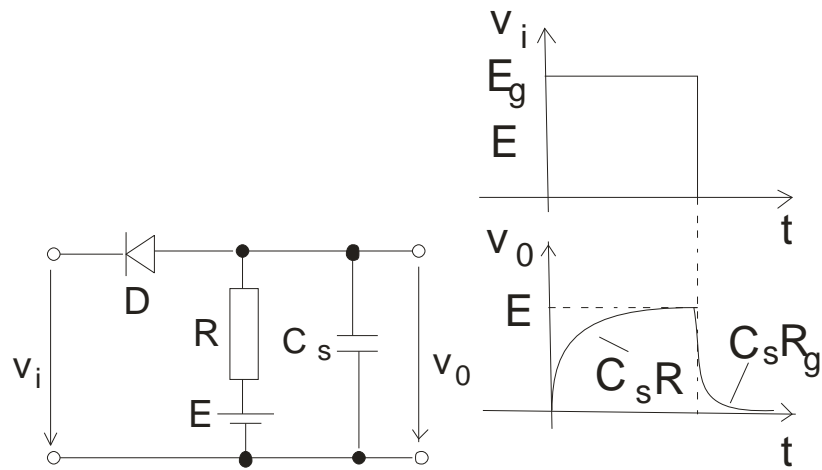
- în regiunea de limitare: $R_{\text{int}} = \infty$.

➤ impedanța de ieșire (pentru rezistență de generator nulă și pentru diodă ideală) este:

- în regiunea liniară: $R_{\text{ies}} = 0$;

- în regiunea de limitare: $R_{\text{ies}} = R$.

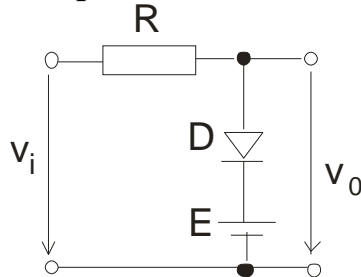
➤ **regimul de comutare (dioda ideală):**



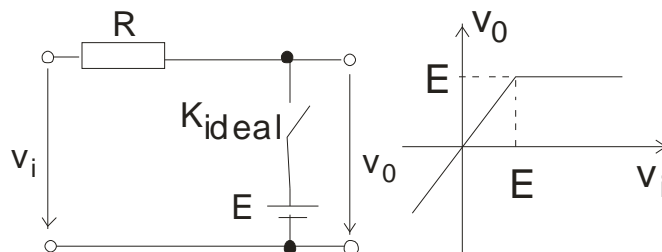
- comutarea directă: $v_0(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC_s}})$, cu $t_{cr} = 2,3RC_s$ (mare);

- comutarea inversă: $v_0(t) = Ee^{-\frac{t}{R \parallel R_g C_s}}$, cu $t_{cad} = 2,3R \parallel R_g C_s$ (mic).

b) limitator superior cu diodă paralel

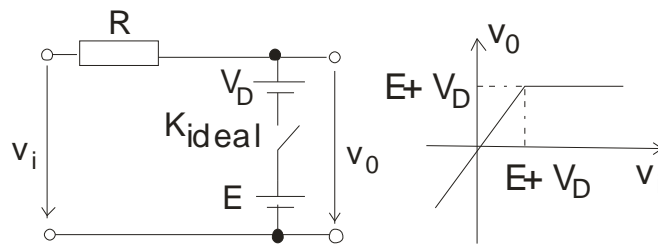


➤ dioda = comutator ideal



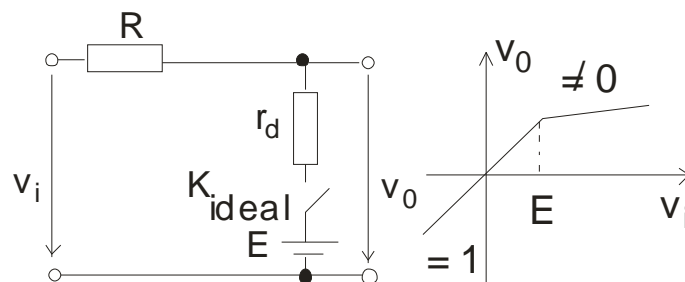
- pentru $v_i \leq E$, dioda blocată, $v_0 = v_i$;
- pentru $v_i \geq E$, dioda deschisă, $v_0 = E$.

➤ influența tensiunii de prag a diodei, V_D :



- pentru $v_i \leq E + V_D$, dioda blocată, $v_0 = v_i$;
- pentru $v_i \geq E + V_D$, dioda deschisă, $v_0 = E + V_D$;
- panta în regiunea liniară este 1;
- panta în regiunea de limitare este 0.

➤ influența rezistenței directe a diodei, r_{on} :



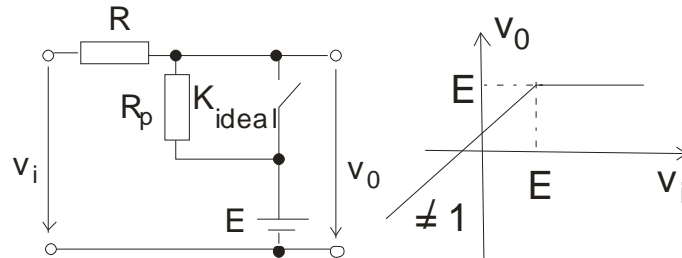
- pentru $v_i \leq E$, dioda blocată, $v_0 = v_i$;

- pentru $v_i \geq E$, dioda deschisă, $v_0 = v_i \frac{r_{on}}{R + r_{on}} + E \frac{R}{R + r_{on}}$;

- panta în regiunea liniară este 1;

- panta în regiunea de limitare este diferită de 0.

➤ influența rezistenței de pierderi a diodei, R_p :



- pentru $v_i \leq E$, dioda blocată, $v_0 = v_i \frac{R_p}{R + R_p} + E \frac{R}{R + R_p}$;

- pentru $v_i \geq E$, dioda deschisă, $v_0 = E$;

- panta în regiunea liniară este diferită de 1;

- panta în regiunea de limitare este 0.

➤ impedanța de intrare (pentru rezistență de sarcină infinită și pentru diodă ideală) este:

- în regiunea liniară: $R_{int} = \infty$;

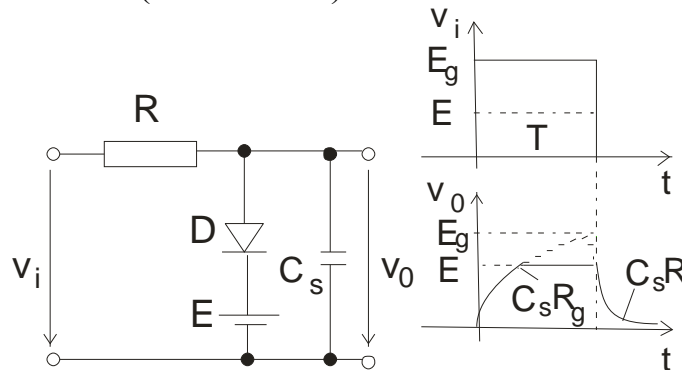
- în regiunea de limitare: $R_{int} = R$.

➤ impedanța de ieșire (pentru rezistență de generator nulă și pentru diodă ideală) este:

- în regiunea liniară: $R_{ies} = R$;

- în regiunea de limitare: $R_{ies} = 0$.

➤ regimul de comutare (dioda ideală):



- comutarea directă:

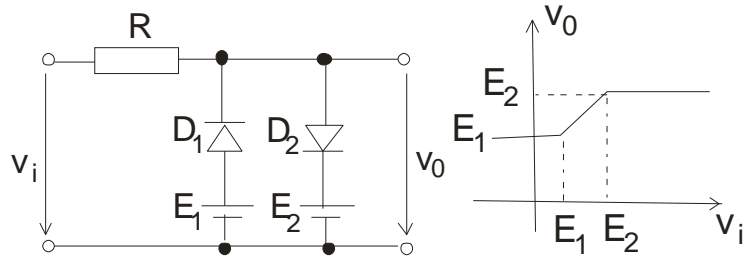
$$v_0(t) = E_g + (E - E_g)e^{-\frac{t}{RC_s}},$$

$$\text{cu: } t_{cr} = RC_s \ln \frac{E_g}{E_g - E} \text{ (mic);}$$

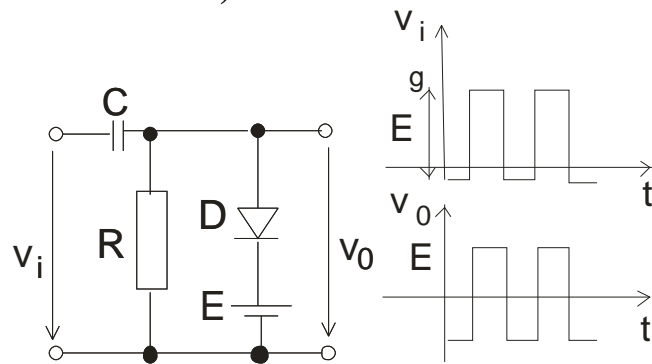
- comutarea inversă: $v_0(t) = Ee^{-\frac{t}{RC_s}}$, cu $t_{cad} = 2,3RC_s$ (mare).

Observație: comparație între caracteristicile de transfer și între regimurile de comutare ale celor două circuite de limitare cu diode;

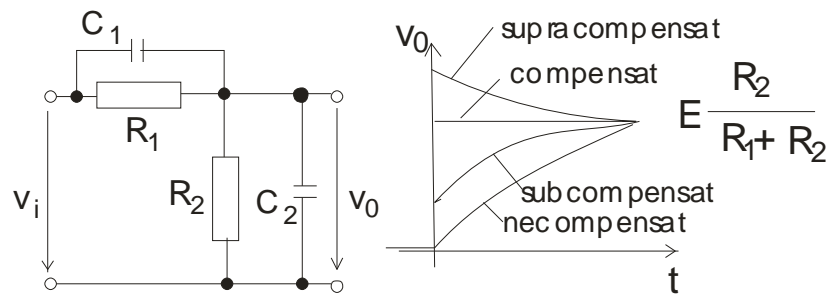
c) limitatoare bilaterale cu diode paralel (exemplu de schemă):



d) circuit de axare a impulsurilor (se modifică componenta continuă pentru un circuit de trecere):



e) divizor de tensiune compensat:



➤ tensiunea de ieșire:

$$v_0(t) = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} + \left[E \frac{C_1}{C_1 + C_2} - E \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{cu: } \tau = R_1 \parallel R_2 (C_1 + C_2);$$

- divizor necompensat: $C_1 = 0$;
- divizor subcompensat: $\frac{C_1}{C_1 + C_2} < \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ sau: $C_1 R_1 < C_2 R_2$;
- divizor supracompensat: $\frac{C_1}{C_1 + C_2} > \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ sau: $C_1 R_1 > C_2 R_2$;
- divizor compensat: $\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ sau: $C_1 R_1 = C_2 R_2$.
- utilizare: sonde de tensiune (capacitate de intrare mică pentru a testa circuite de viteză mare).

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