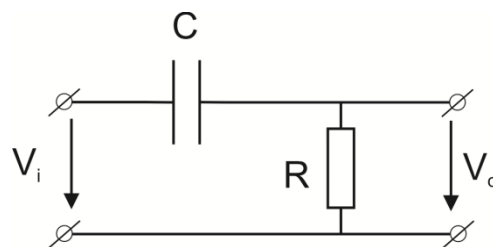


## LUCRAREA NR.1

## CIRCUITE ELEMENTARE DE PRELUCRARE A IMPULSURILOR

**Scopul lucrării:** studierea comportării unor circuite RC de prelucrare liniară a impulsurilor precum și a funcționării unor circuite de axare și de limitare cu diode; de asemenea, se urmărește deprinderea utilizării osciloscopului în scopul măsurării parametrilor impulsurilor.

1. Circuitul RC serie, cu ieșirea pe rezistență, reprezentat în figura 1.1.a, are comportări diferite în funcție de raportul dintre constanta de timp a circuitului  $\tau = RC$  și durata impulsurilor ( $T_1$ ) și a intervalului ( $T_2$ ) dintre impulsurile aplicate la intrare (figura 1.1.b).

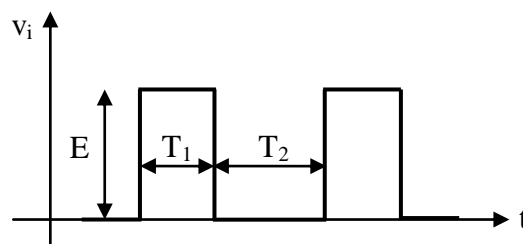


**Fig. 1.1.a)** Circuitul RC cu ieșire pe rezistență

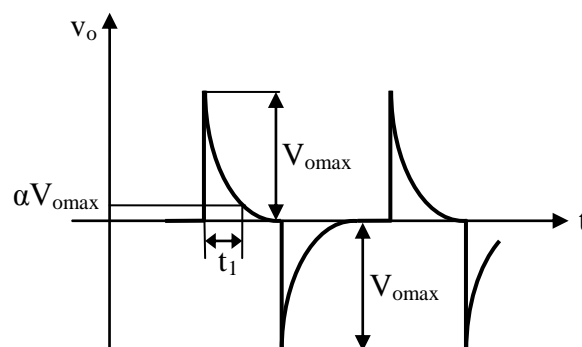
Astfel, dacă  $\tau \ll T_1, T_2$ , impulsurile de la ieșire au forma din figura 1.1.c și sunt caracterizate prin:

$$V_{0max} = E \quad (1.1)$$

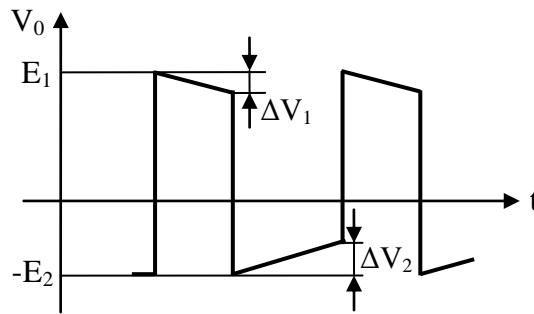
$$t_1 = 2,3\tau \text{ (pentru } \alpha = 0,1) \quad (1.2)$$



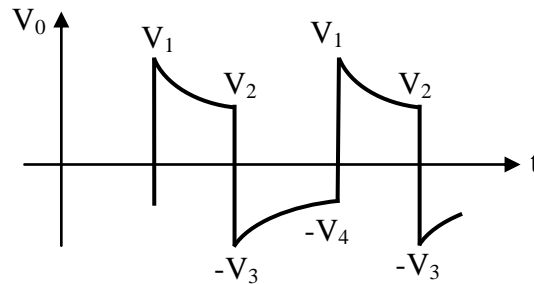
**Fig. 1.1.b)** Parametrii impulsurilor dreptunghiulare



**Fig. 1.1.c)** Tensiunea de ieșire în cazul  $\tau \ll T_1, T_2$



**Fig. 1.1.d)** Tensiunea de ieșire în cazul  $\tau \gg T_1, T_2$



**Fig. 1.1.e)** Tensiunea de ieșire în cazul  $\tau \approx T_1, T_2$

În acest caz, circuitul RC se comportă ca un **circuit de derivare** (de diferențiere) a impulsurilor.

Dacă  $\tau \gg T_1, T_2$ , în regim staționar, se obține, la ieșire, forma de undă din *figura 1.1.d*, în care:

$$E_1 = \frac{T_2}{T_1 + T_2} E \quad (1.3)$$

$$E_2 = \frac{T_1}{T_1 + T_2} E \quad (1.4)$$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V = E_1 \frac{T_1}{\tau} = E_2 \frac{T_2}{\tau} = \frac{ET_1 T_2}{\tau(T_1 + T_2)} \quad (1.5)$$

Se consideră că, practic, impulsurile nu își schimbă forma, circuitul RC comportându-se ca un **circuit de trecere** (de cuplaj).

În cazul în care constanta de timp  $\tau$  este comparabilă cu  $T_1$  și  $T_2$ , în regim staționar, se obține forma de undă din *figura 1.1.e*, tensiunile  $V_1, V_2, V_3$  și  $V_4$  fiind dependente de constanta de timp  $\tau$ , de intervalele de timp  $T_1$  și  $T_2$  caracteristice impulsurilor de la intrare și de amplitudinea  $E$  a acestora.

În acest caz, se obține:

$$V_1 = E \frac{1 - e^{-\frac{T_2}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{(T_1 + T_2)}{\tau}}} \quad (1.6)$$

$$V_2 = V_1 e^{-\frac{T_1}{\tau}} \quad (1.7)$$

$$V_3 = E \frac{1 - e^{-\frac{T_1}{\tau}}}{1 - e^{-\frac{(T_1 + T_2)}{\tau}}} \quad (1.8)$$

$$V_4 = V_3 e^{-\frac{T_2}{\tau}} \quad (1.9)$$

În toate cazurile, în regim staționar, impulsurile de la ieșire (de pe rezistență) au componentă nulă, componenta continuă a impulsurilor de la ieșire rămânând pe capacitate.

2. În cazul circuitului de derivare, pentru impulsuri caracterizate prin intervale de timp  $T_1$  și  $T_2$  relativ mici, îndeplinirea condiției  $\tau \ll T_1, T_2$  se realizează mai greu. Micșorarea valorilor elementelor circuitului  $RC$ , are ca efect creșterea ponderii elementelor parazite (capacitatea de intrare,  $C_p$ , care apare în paralel cu rezistența  $R$  și rezistența internă a generatorului de semnal,  $R_g$ , care apare în serie cu capacitatea  $C$ ).

În acest caz, pentru circuitul de derivare real, reprezentat în figura 1.2.a, se va constata atât o micșorare a amplitudinii impulsurilor cât și a duratei lor. De asemenea, așa cum se observă în figura 1.2.b, impulsurile derivate vor avea un front diferit de zero, determinat, practic, de constanta de timp  $C_p R_g$ .

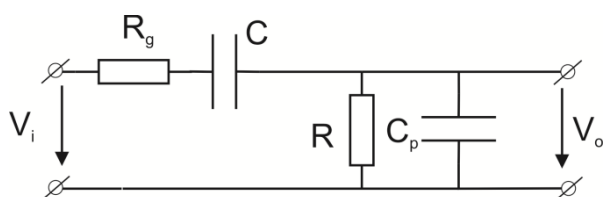


Fig. 1.2.a) Circuit de derivare real

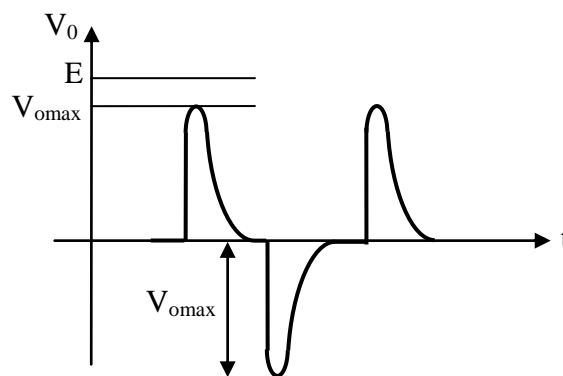


Fig. 1.2.b) Tensiunea de ieșire reală a unui derivator

Rezultă necesitatea îndeplinirii condițiilor:

$$R \gg R_g \rightarrow 0 \text{ și } C \gg C_p \rightarrow 0 \quad (1.10)$$

(adică elementele adăugate în circuit să fie mult mai mari decât elementele parazite, deja prezente), condiții cu un grad de generalitate mare pentru circuite electronice de impulsuri.

3. Circuitul  $RC$  serie, cu ieșirea pe capacitate, reprezentat în figura 1.3.a, se comportă ca un **circuit de integrare** (figura 1.3.c) în cazul în care constanta de timp a circuitului,  $\tau = RC$ , este mare în comparație cu durata impulsurilor de intrare ( $T_1$ ) și cu intervalul de timp dintre ele ( $T_2$ ), precizate în figura 1.3.b ( $\tau \gg T_1, T_2$ ). Mărimile caracteristice tensiunii de ieșire a circuitului de integrare vor fi:

$$V_0 = \frac{T_1}{T_1 + T_2} E \quad (1.11)$$

$$\Delta V = \frac{ET_1 T_2}{\tau(T_1 + T_2)} \quad (1.12)$$

În cazul în care constanta de timp  $\tau = RC$  este foarte mică în comparație cu  $T_1$  și  $T_2$  ( $\tau \ll T_1, T_2$ ), impulsurile de la ieșire, asemănătoare cu cele de la intrare, vor fi **deformate** prin apariția fronturilor finite, ca în figura 1.3.d.

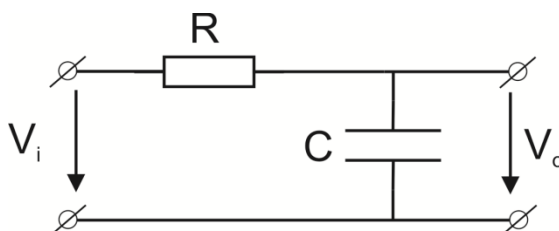
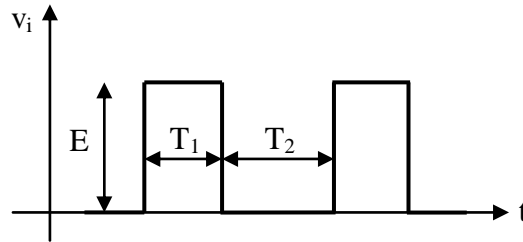
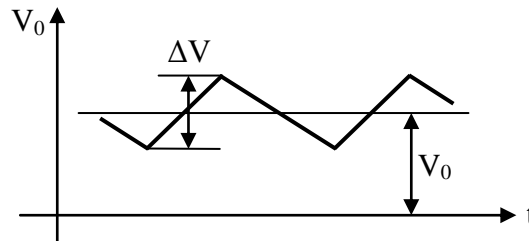


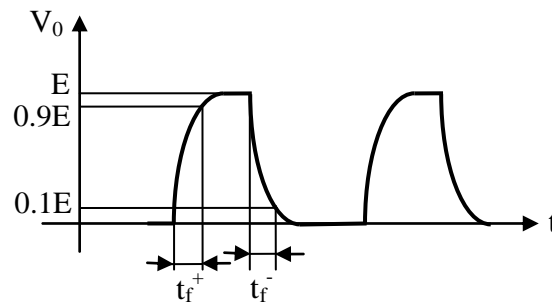
Fig. 1.3.a) Circuit  $RC$  cu ieșirea pe capacitate



**Fig. 1.3.b)** Parametrii impulsurilor de intrare



**Fig. 1.3.c)** Tensiunea de ieșire în cazul  $\tau \gg T_1, T_2$



**Fig. 1.3.d)** Tensiunea de ieșire în cazul  $\tau \ll T_1, T_2$

Se obțin relațiile:

$$t_f^+ = t_f^- = 2,3\tau = 2,3 RC \quad (1.13)$$

Pentru circuitul de integrare, rezistența generatorului de semnal nu afectează funcționarea (este în serie cu rezistența de integrare). În schimb, rezistența de intrare a etajului următor,  $R_p$ , modifică atât tensiunea continuă de pe capacitate, cât și constanta de timp a circuitului, conform relațiilor:

$$V_o' = E \frac{T_1}{T_1 + T_2} \frac{R_p}{R + R_p} \quad (1.14)$$

$$\tau' = \tau \frac{R_p}{R + R_p} \quad (1.15)$$

**4.** Pentru reducerea amplitudinii impulsurilor vizualizate pe osciloscop, se folosește un divizor compensat, a cărei schemă este reprezentată în figura 1.4, unde  $R_2$  și  $C_2$  reprezintă, de obicei, rezistența de intrare (de ordinul a 1 M $\Omega$ ) respectiv capacitatea de intrare (de circa 10 ÷ 30 pF) ale osciloscopului. La aplicarea unui salt treaptă de tensiune, de valoare  $E$ , tensiunea de ieșire va avea expresia:

$$v_o(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E + \frac{C_1 R_1 - C_2 R_2}{(C_1 + C_2)(R_1 + R_2)} E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1.16)$$

cu  $\tau = (C_1 + C_2)R_1 || R_2$

În funcție de raportul  $\frac{C_1}{C_1+C_2}$  (care dă saltul inițial al tensiunii de ieșire) și de raportul  $\frac{R_2}{R_1+R_2}$  (care dă valoarea finală a tensiunii de ieșire) se obțin următoarele cazuri, reprezentate în figura 1.5:

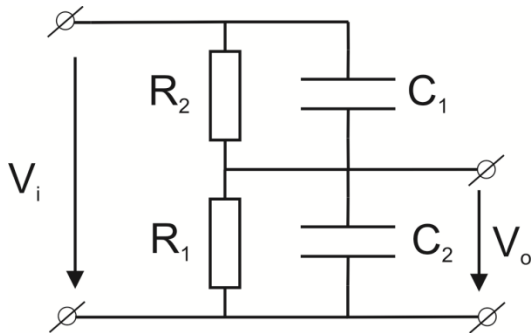


Fig. 1.4 Divizorul compensat

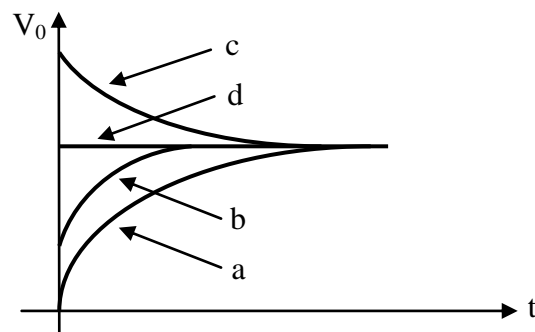


Fig. 1.5 Forme de front crescător ale tensiunii de ieșire a divizorului

- $C_1 = 0$ : divizor necompensat (figura 1.5.a);
- $\frac{C_1}{C_1+C_2} < \frac{R_2}{R_1+R_2}$ : divizor subcompensat (figura 1.5.b);
- $\frac{C_1}{C_1+C_2} > \frac{R_2}{R_1+R_2}$ : divizor supracompensat (figura 1.5.c);
- $C_1 R_1 = C_2 R_2$ : divizor compensat (figura 1.5.d).

Utilizarea divizorului compensat de impulsuri prezintă și avantajul unei capacități echivalente de valoare redusă, ceea ce este important la vizualizarea unor fenomene rapid variabile în timp.

5. Pentru modificarea componentei continue a impulsurilor de la ieșire, se poate folosi un circuit de axare, de tipul celui din figura 1.6.a, în care, dacă se îndeplinește condiția:  $\tau = RC \gg T_1, T_2$ , la impulsurile de comandă din figura 1.6.b, aplicate la intrare, se obține răspunsul din figura 1.6.c (s-a presupus că dioda este ideală, altfel apare o translată suplimentară a componentei continue cu  $V_D$ ).

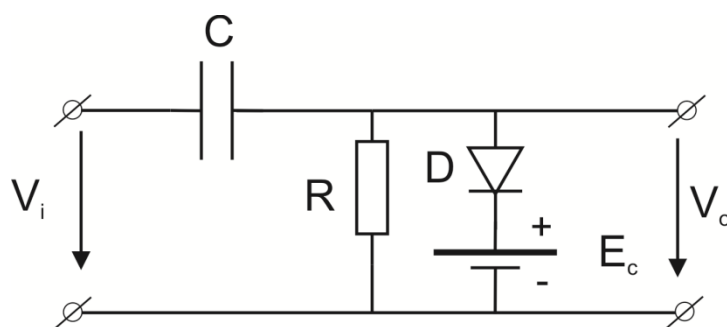


Fig. 1.6.a) Circuitul de axare

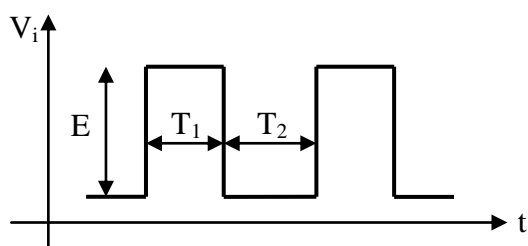


Fig. 1.6.b) Parametrii semnalului de comandă

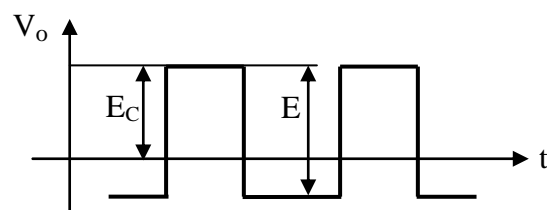
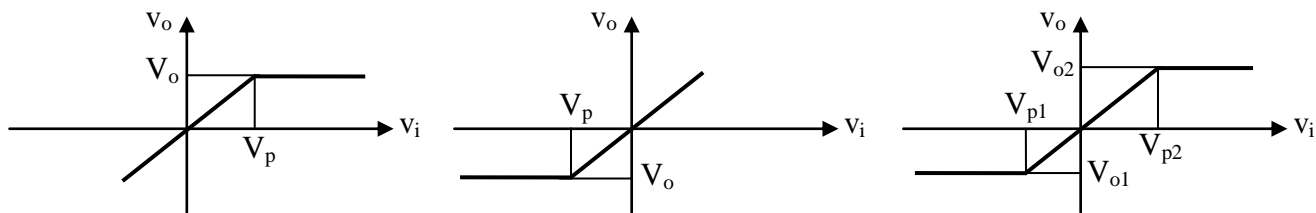


Fig. 1.6.c) Semnalul axat

6. Circuitele de limitare cu diode pot realiza limitare superioară, inferioară sau bilaterală, așa cum reiese din caracteristicile de transfer,  $v_o(v_i)$ , reprezentate în figura 1.7, a, b și c.

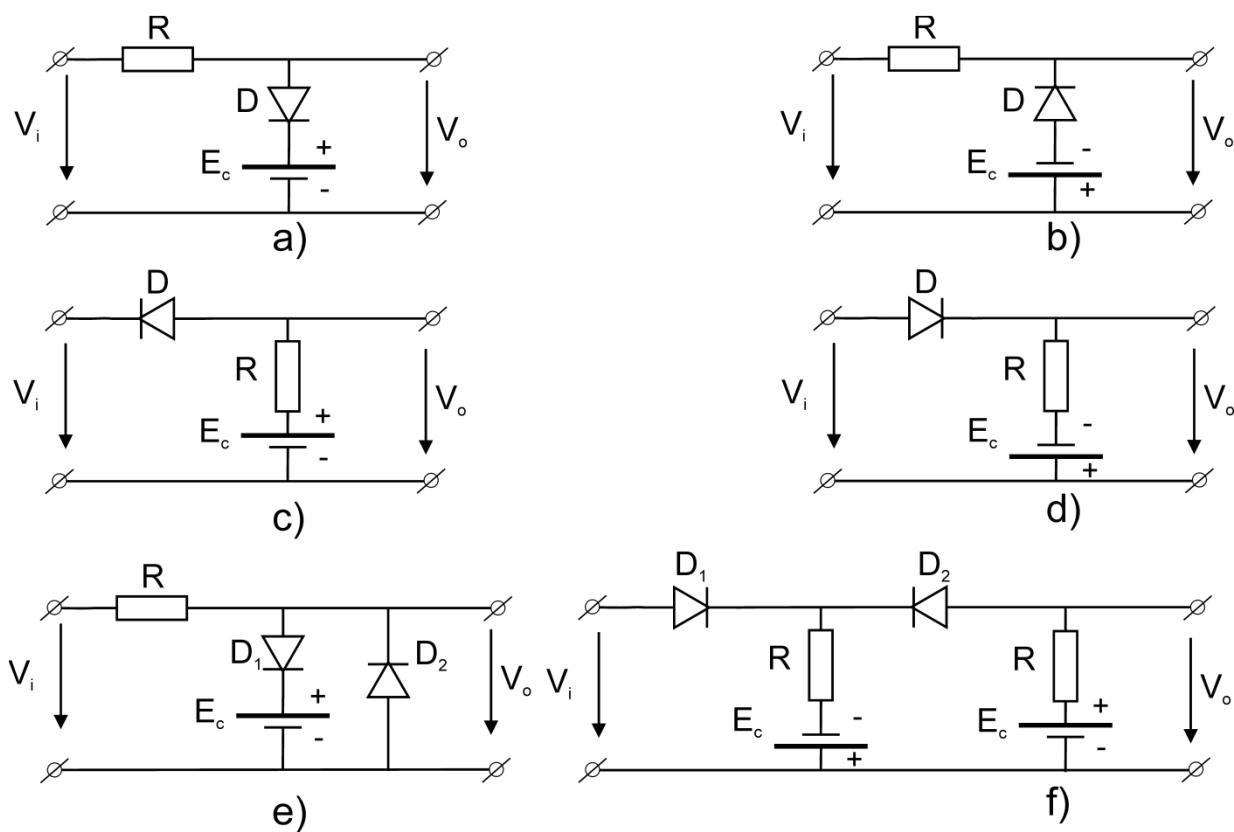


**Fig. 1.7.a)** Semnal limitat superior

**Fig. 1.7.b)** Semnal limitat inferior

**Fig. 1.7.c)** Semnal limitat bilateral

Din punct de vedere practic, circuitele de limitare cu diode se pot realiza în variante serie sau în variante paralele (fiind posibile, pentru limitatoarele bilaterale, și variante combinate), așa cum se observă în figura 1.8.



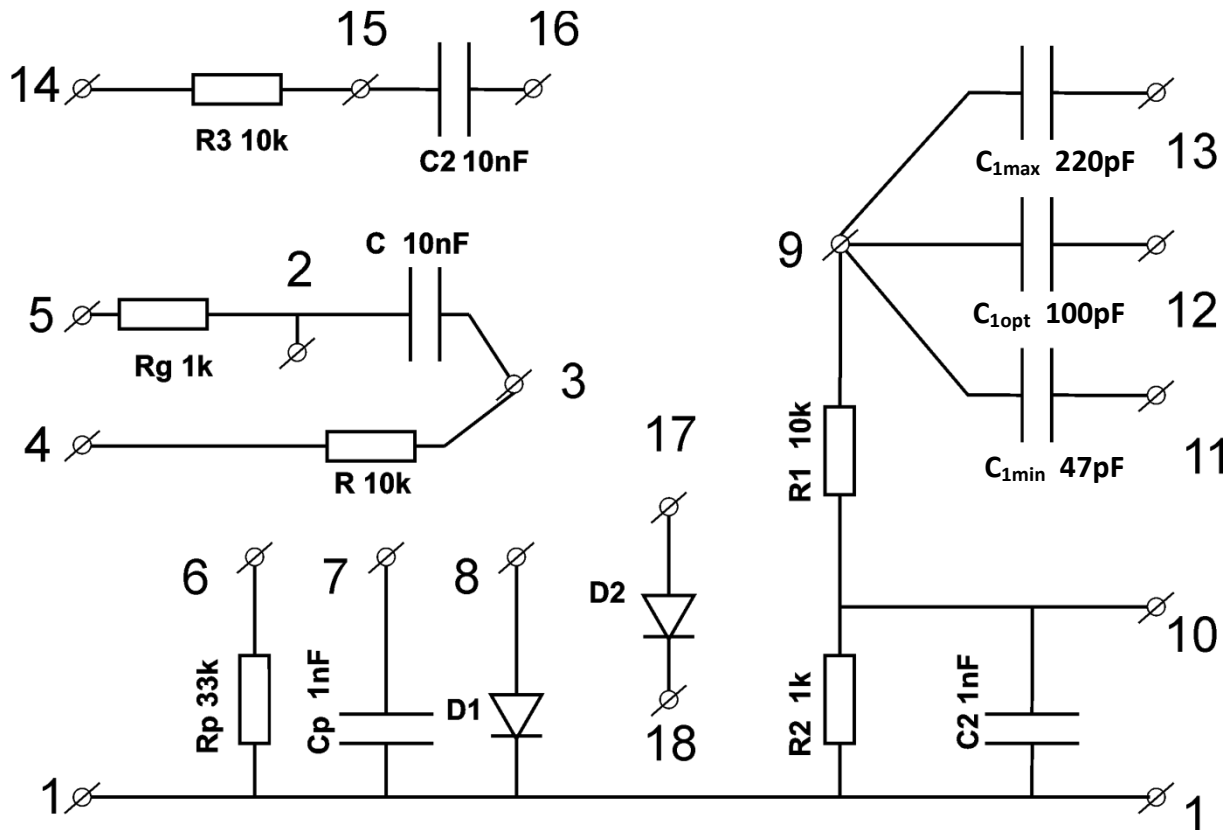
**Fig. 1.8** Circuite de limitare cu diode

Parametrii cei mai importanți ai unui limitator cu diode sunt: tensiunea (sau tensiunile) de prag, panta caracteristicii de transfer în zona de limitare (care trebuie să fie cât mai aproape de zero), panta caracteristicii de transfer în zona liniară (care trebuie să fie cât mai aproape de 1) precum și viteza de comutare în cazul aplicării unor semnale rapid variabile.

Circuitele de limitare care se testează în cadrul lucrării sunt desenate în figura 1.8.

## DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se identifică circuitul din *figura 1.9* pentru testarea circuitelor liniare  $RC$  și a circuitului de axare.



**Fig. 1.9** Montajul de laborator

1. Pentru  $E = 5\text{ V}$ ,  $C = 10\text{ nF}$ ,  $R = 10\text{ k}\Omega$  se calculează mărimile ce caracterizează formele de undă conform diagramelor de timp din *figura 1.1* și *figura 1.3*, pentru următoarele valori ale intervalelor de timp  $T_1$  și  $T_2$ :

- $T_1 = 100\ \mu\text{s}$ ;  $T_2 = 200\ \mu\text{s}$ ;
- $T_1 = 10\ \mu\text{s}$ ;  $T_2 = 20\ \mu\text{s}$ ;
- $T_1 = 1\ \text{ms}$ ;  $T_2 = 2\ \text{ms}$ ;

2. Folosind montajul din *figura 1.9* se vor efectua următoarele măsurători:

**2.1** Circuitul  $RC$  cu  $R = 10\text{ k}\Omega$  și  $C = 10\text{ nF}$  este comandat în serie de un generator de semnale dreptunghiulare cu rezistență cât mai mică. Se măsoară tensiunea de pe rezistență (între borna 3 și borna 1, de masă, cu borna 4 la masă și cu intrarea la borna 2); se măsoară tensiunea de pe capacitate (între bornele 3 și 1, cu borna 2 la masă și cu intrarea la borna 4) pentru forme de undă de comandă cu parametrii de la punctul precedent. Parametrii mășurați ai impulsurilor se compară cu valorile calculate la punctul 1.

**2.2** Pentru circuitul de derivare din *figura 1.2.a*, se introduce o capacitate  $C_p = 1\text{ nF}$  în paralel cu rezistența  $R$  (borna 6 se cuplează cu borna 3) și se măsoară impulsurile obținute la ieșire (amplitudine, durată, front);

**2.3** În aceleași condiții, se aplică impulsurile de comandă la borna 5 (introducând  $R_g = 1 \text{ k}\Omega$ ) și se repetă măsurătorile. Rezultatele de la punctele 2.2 și 2.3 se compară cu rezultatele teoretice care se vor obține pentru circuitele respective cu valorile numerice furnizate în lucrare;

**2.4** Pentru circuitul de integrare din *figura 1.3.a*, se introduce o rezistență de sarcină  $R_p = 30 \text{ k}\Omega$  (borna 7 la borna 3) și se măsoară tensiunile  $V_0'$  și  $\tau'$ , comparându-le cu valorile calculate cu relațiile (14) și (15).

**3.** Se experimentează divizorul de impulsuri din *figura 1.4*. Se calculează valoarea inițială  $\left(\frac{EC_1}{C_1+C_2}\right)$  și cea finală  $\left(\frac{ER_2}{R_1+R_2}\right)$  a tensiunii de ieșire pentru  $E = 5 \text{ V}$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C_2 = 1 \text{ nF}$ ;  $C_{1\text{min}} = 47 \text{ pF}$ ;  $C_{1\text{max}} = 220 \text{ pF}$  și  $C_{1\text{opt}} = 100 \text{ pF}$ .

Se vizualizează formele de undă obținute la ieșire atunci când la intrare se aplică impulsuri de amplitudine  $E = 5 \text{ V}$  și cu durata și perioada suficient de mari; se vor realiza cele patru situații din *figura 1.5* și se vor compara rezultatele cu cele teoretice.

Se reglează divizorul compensat al unei sonde de osciloscop cu raport de divizare a impulsurilor de 10:1.

**4.** Se realizează circuitul de axare din *figura 1.6* cu  $E = 0$  (bornele 8 și 3 împreună, borna 4 la masă și intrarea la borna 2); se aplică impulsuri cu parametrii de la punctul 1, de amplitudine  $5 \text{ V}$  și se desenează formele de undă de la ieșire pentru fiecare caz în parte, punând în evidență și componenta continuă a impulsurilor.

**5.** Se folosește osciloscopul pentru a trasa caracteristicile de transfer ale circuitelor de limitare din *figura 1.9*. Pentru aceasta, se conectează la intrare un generator de semnal sinusoidal de frecvență  $1 \text{ kHz}$  și cu amplitudine mai mare decât  $E = 3 \text{ V}$ ; semnalul de la intrare se aplică pe intrarea **A** a osciloscopului iar semnalul de la ieșire pe intrarea **B** a osciloscopului. Se va considera  $R = 10 \text{ k}\Omega$ .

**6.** Unuia dintre limitatoarele bilaterale i se aplică semnal sinusoidal de frecvență  $1 \text{ kHz}$  și se vizualizează forma de undă de la ieșirea circuitului; se măsoară fronturile impulsurilor obținute și se studiază influența amplitudinii semnalului de la intrare asupra acestora.

Se mărește frecvența semnalelor de comandă și se constată influența acestora asupra formelor de undă de la ieșire.

Se aplică circuitului de limitare superioară cu diodă serie impulsuri caracterizate prin  $E = 5 \text{ V}$ ,  $T_1 = T_2 = 5 \text{ }\mu\text{sec}$  și se măsoară fronturile impulsurilor obținute la ieșire.

Să se compare limitatoarele de tip serie cu cele de tip paralel din punct de vedere al performanțelor pe care trebuie să le realizeze, performanțe precizate la punctul 6.



**Cerințe**

Referatul va conține:

- Scopul lucrării (1p);
- Schema circuitului pus la dispoziție în laborator (1p);
- Schema electronică aferentă fiecărui punct, cu menționarea conexiunilor făcute pentru a face funcțională fiecare schemă (5x0,2=1p);
- Rezultatele măsurărilor aferente fiecărui punct (2p);
- Rezultatele calculelor teoretice aferente fiecărui punct (1p);
- Rezultatele simulărilor aferente fiecărui punct (1p);
- Comparații între cele trei tipuri de rezultate; observații; (1p)
- Comparație între limitatoarele de tip serie și cele de tip paralel (*figura 1.8*) (1p);
- Concluzii (1p).