

ELECTRONICĂ DIGITALĂ

LUCRAREA 1

CIRCUITE LINIARE DE FORMARE

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are ca scop studierea circuitelor liniare de formare și anume a circuitelor de derivare și integrare. Circuitele de derivare realizează derivarea semnalului de intrare în raport cu variabila timp. Circuitele de integrare sunt circuite care generează la ieșire semnale proporționale cu integrala în domeniul timp a semnalului de intrare.

1.1. Noțiuni teoretice

Circuitele de impulsuri se clasifică, după natura elementelor pe care le conțin:

- circuite liniare de formare* - care conțin elemente pasive R, L, C, și care permit aproximarea operațiilor liniare cum sunt, de exemplu, derivarea și integrarea în timp a mărimii de intrare);
- circuite neliniare de formare* - cu sau fără memorie, după cum caracteristica statică este univocă sau neunivocă, circuitele fiind realizate cu dispozitive cu caracteristici curent-tensiune neliniare: diode, amplificatoare, comparatoare cu histerezis, etc.

1.2. Circuite de derivare

Circuitele de derivare realizează derivarea semnalului de intrare, care este o funcție de timp, în raport cu variabila timp.

Există mai multe variante de circuite de derivare.

1.2.1. Circuit de derivare CR în tensiune

Structura acestui circuit este prezentată în schema de mai jos (*Figura 1.1.*).

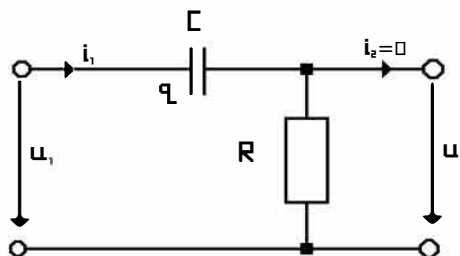


Figura 1.1. Structura circuitului de derivare CR în tensiune

Se pot scrie următoarele relații:

$$u_1 = \frac{q}{C} + R \cdot i \approx \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt \quad (1.1)$$

S-a neglijat valoarea rezistenței R față de cea a reactanței capacitive $\frac{1}{\omega C}$.

Se poate deduce în continuare expresia curentului prin circuit, derivând relația anterioară.

$$i = C \cdot \frac{du_1}{dt} \quad (1.2)$$

Expresia mărimii de ieșire este:

$$u_2 = R \cdot i \quad (1.3)$$

Având în vedere expresia curentului determinată mai sus se obține pentru mărimea de ieșire valoarea:

$$u_2 = R \cdot C \cdot \frac{du_1}{dt} \quad (1.4)$$

Se observă că tensiunea de ieșire este proporțională cu derivata în raport cu timpul a tensiunii de intrare.

1.2.2. Circuit de derivare RC în curent

Circuitul este prezentat în *Figura 1.2*.

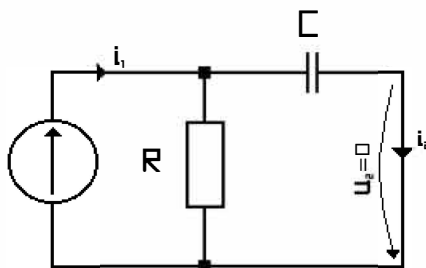


Figura 1.2. Schema circuitului de derivare RC în curent

Făcând aproximațiile $R \ll \frac{1}{\omega C}$, ceea ce este echivalent cu $i_2 \ll i_1$, se obține:

$$\frac{1}{C} \cdot \int_0^t i_2 \cdot dt = R \cdot (i_1 - i_2) \approx R \cdot i_1 \quad (1.5)$$

Derivând expresia de mai sus se obține:

$$i_2 = R \cdot C \cdot \frac{di_1}{dt} \quad (1.6)$$

Rezultă că prin condensator circulă un curent proporțional cu derivata curentului de intrare.

1.2.3. Circuit de derivare RL în tensiune

Circuitul de derivare RL este prezentat în schema care urmează (Figura 1.3.).

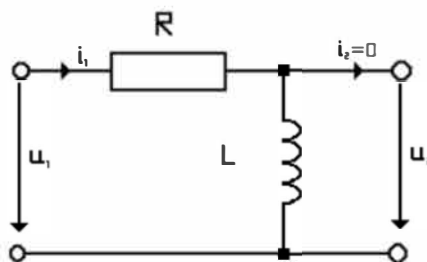


Figura 1.3. Schema circuitului de derivare RL în tensiune

Cu o reactanță inductivă ωL cu mult mai mică decât rezistența R , rezultă succesiv:

$$u_2 = L \cdot \frac{di}{dt} \approx L \cdot \frac{d\left(\frac{u_1}{R}\right)}{dt} \quad (1.7)$$

În final se obține pentru tensiunea de ieșire expresia:

$$u_2 = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_1}{dt} \quad (1.8)$$

Se observă că mărimea de ieșire este proporțională cu derivata în raport cu timpul a tensiunii de intrare.

1.2.4. Circuit de derivare RL tensiune-curent

Schema este prezentată în figura 1.4.

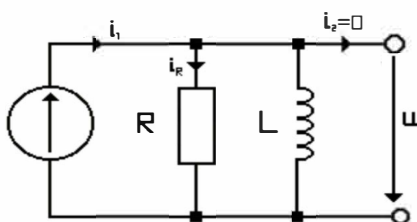


Figura 1.4. Schema circuitului de derivare RL tensiune-curent

În condițiile $R \gg \omega L$, adică $i_3 \ll i_1$, rezultă:

$$u_2 = L \cdot \frac{d(i_1 - i_3)}{dt} \approx L \cdot \frac{di_1}{dt} \quad (1.9)$$

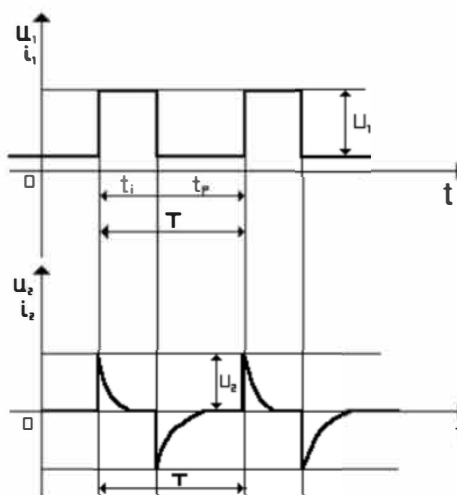


Figura 1.5. Impulsurile semnalului de intrare

Tensiunea de ieșire este proporțională cu derivata curentului de intrare.

În cazul în care se aplică la intrare un semnal dreptunghiular, la ieșire se obțin impulsuri pozitive, respectiv negative, corespunzător frontului crescător, respectiv descrescător al semnalului de intrare (Figura 1.5.)

Se constată că în momentul saltului și în momentul căderii mărimii de intrare (u_1 sau i_1), mărimea de ieșire (u_2 sau i_2) înregistrează un salt după care urmează o variație exponențială spre zero, rezultând impulsuri cu coeficient de umplere mai mic decât al celor de intrare. Forma impulsurilor depinde de constantele de timp RC sau L/R.

Observație:

Circuite de derivare se pot obține, cu performanțe superioare, folosind amplificatoare operaționale, așa cum se observă în continuare (Figura 1.6.)

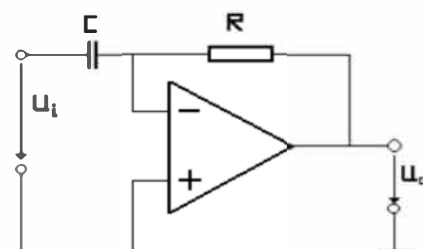


Figura 1.6. Circuite de derivare folosind amplificatoare operaționale

Considerând AO ideal și condiții inițiale nule, funcționarea circuitului se poate descrie prin relațiile:

$$i_c = i_r \quad (1.10)$$

$$u_o = -i_c \cdot R = -R \cdot C \cdot \frac{dU_i}{dt} \quad (1.11)$$

1.3. Circuite de integrare

Circuitele de integrare sunt circuite care generează la ieșire semnale proporționale cu integrala în domeniul timp a semnalului de intrare. Există mai multe tipuri de circuite de integrare.

1.3.1. Circuit de integrare RC în tensiune

Schema unui astfel de circuit este prezentată în *Figura 1.7.*

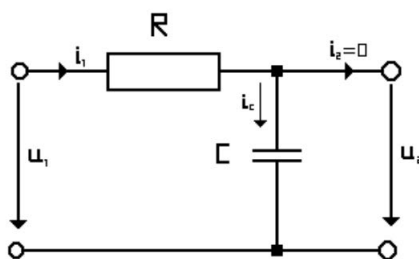


Figura 1.7. Schema circuitului de integrare RC în tensiune

Dacă $R \gg \frac{1}{\omega C}$ se poate neglija reactanța capacitivă față de rezistență.

Se obține:

$$u_2 = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i \cdot dt \approx \frac{1}{C} \cdot \int_0^t \frac{u_1}{R} dt \quad (1.12)$$

sau

$$u_2 \approx \frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t u_1 dt \quad (1.13)$$

Tensiunea de ieșire este proporțională cu integrala în domeniul timp a tensiunii de intrare.

1.3.2. Circuit de integrare RL în tensiune

În circuitul de mai jos (*Figura 1.8.*) se admite $R \ll \omega L$, $i_1 = i_R = i$ și se obține:

$$u_1 = L \cdot \frac{di}{dt} \quad (1.14)$$

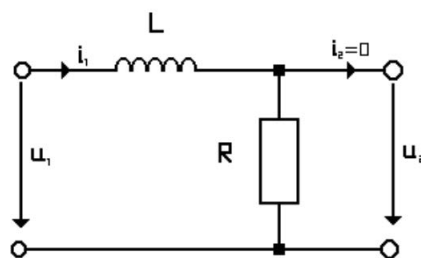


Figura 1.8. Schema circuitului de integrare RL în tensiune

După integrare se obține:

$$i = \frac{1}{L} \cdot \int_0^t u_1 \cdot dt \quad (1.15)$$

Rezultă expresia tensiunii de ieșire:

$$u_2 = R \cdot i \quad \text{sau} \quad u_2 = \frac{R}{L} \cdot \int_0^t u_1 \cdot dt \quad (1.16)$$

1.3.3. Circuit de integrare RL în curent

Acest circuit este exemplificat în *Figura 1.9*.

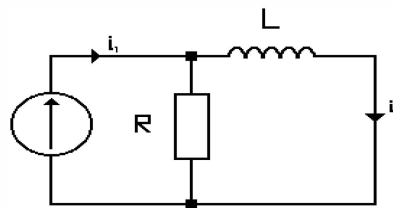


Figura 1.9. Schema circuitului de integrare RL în curent

Considerând $R \ll \omega L$ și admițând că $i_2 \ll i_1$, rezultă imediat:

$$L \cdot \frac{di_2}{dt} = R(i_1 - i_2) \approx R \cdot i_1 \quad (1.17)$$

În final se obține:

$$i_2 = \frac{R}{L} \cdot \int_0^t i_1 \cdot dt \quad (1.18)$$

Curentul de ieșire este proporțional cu integrala în domeniul timp a curentului de intrare.

1.3.4. Circuit de integrare RC tensiune-curent

Circuitul este prezentat în *Figura 1.10*.

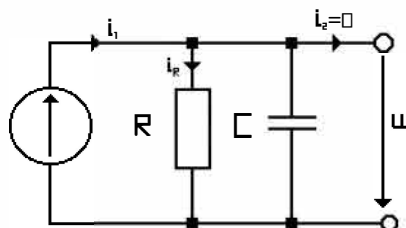


Figura 1.10. Schema circuitului de integrare RC tensiune-curent

Admițând $R \gg 1/\omega C$, se deduce $i_R \ll i_1$. Rezultă:

$$u_2 = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t (i_1 - i_r) \cdot dt \approx \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i_1 \cdot dt \quad (1.19)$$

Tensiunea de ieșire este proporțională cu integrala curentului de intrare.

Se constată că semnalul de ieșire (u_2 sau i_2) este proporțional cu integrala mărimii de intrare (u_1 sau i_1). Pentru semnal de intrare dreptunghiular se obține la ieșire forma de undă din Fig. 1.11, formă care depinde de constanta de timp T_0

Dacă $T_0 \gg T$, mărimea de ieșire variază foarte strâns în jurul valorii medii $u_2 = u_1$ (sau $i_2 = i_1$) iar circuitul se numește filtru de netezire, filtru de mediere, sau filtru trece jos.

Dacă T_0 este comparabil cu T , atunci mărimea de ieșire variază exponențial periodic.

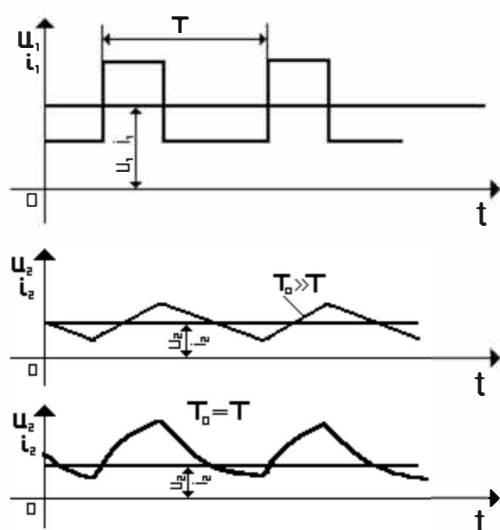


Figura 1.11. Forma de undă la ieșire

Observație:

Se poate obține un circuit de integrare cu performanțe superioare folosind amplificatoare operaționale (Figura 1.12.).

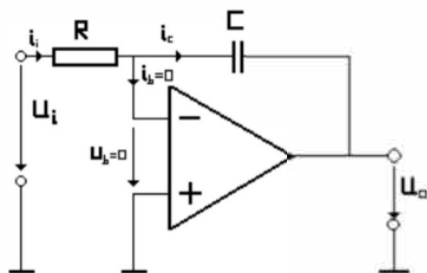


Figura 1.12. Circuit de integrare cu amplificatoare operaționale

Considerând AO ideal și condiții inițiale nule, se pot scrie relațiile:

$$u_i = i_i \cdot R \quad (1.20)$$

$$i_e = i_i \quad (1.21)$$

$$u_o = -\frac{1}{C} \cdot \int_0^t i_i \cdot dt = -\frac{1}{R \cdot C} \cdot \int_0^t u_i \cdot dt \quad (1.22)$$

1.4. Desfășurarea lucrării

1. Se identifică pe macheta de laborator componentele existente și se notează valorile tuturor componentelor.
2. Se realizează pe rând circuitele de derivare și integrare, prezentate mai sus.
3. La intrare se aplică un semnal dreptunghiular cu $A=4V$ și $f=1$ kHz de la generatorul de semnal.
4. Cu ajutorul osciloscopului se vizualizează pe CH1 forma de undă aplicată la intrare, respectiv pe CH2 forma de undă obținută la ieșire. Se desenează formele de undă de la intrare și ieșire și se notează parametrii fiecăruia (amplitudine, perioadă, frecvență).
5. Se modifică frecvența semnalului de intrare pentru a observa comportarea circuitului la frecvențe mici, medii și mari. Se vor nota parametrii semnalului de intrare și ai celui obținut la ieșire și se vor desena formele de undă vizualizate. Se va căuta frecvența optimă la care se obține un semnal cât mai apropiat de cel ideal.
6. Se conectează celelalte componente pentru a se studia influența valorii acestora asupra comportării circuitului (ex. influența constantei de timp). Se calculează constanta de timp și se desenează formele de undă corespunzătoare.
7. Se reiau determinările pentru fiecare montaj.

1.5. Întrebări

1. Care sunt formele de undă pentru circuitul de derivare ideal? Explicați.
2. Cum influențează constanta de timp forma semnalului de ieșire la circuitele de derivare? Discuție.
3. Care sunt formele de undă pentru circuitul de integrare ideal? Explicați.
4. Cum influențează constanta de timp forma semnalului de ieșire la circuitele de integrare? Discuție.
5. Apreciați teoretic care sunt frecvențele optime de lucru pentru fiecare din circuitele prezentate (frecvențele la care circuitele se comportă aproape ideal).
6. Enumerați câteva aplicații practice ale circuitelor liniare de formare.

1.6. Conținutul referatului

- definițiile circuitelor realizate practic;
- schemele realizate și valorile componentelor;
- formele de undă obținute (desenate pe hârtie milimetrică); se notează pe grafice amplitudinea și perioada fiecărui semnal;
- valorile componentelor pentru care s-au făcut determinările;
- amplitudinea, perioada și frecvența semnalului de intrare și de ieșire;
- răspunsurile la întrebări;
- observații personale.