

Aplicațiile amplificatoarelor operaționale

AO își găsesc aplicații într-o gamă foarte largă de circuite. Amplificatoare de c.c și de c.a cu performanțe ridicate, circuite de calcul analogic, limitatoare și detectoare, circuite de eșantionare și memorare, reglatoare, convertoare tensiune - curent, filtre active, generatoare de semnal și de funcții, etc. Câteva dintre aceste circuite sunt prezentate pe scurt în continuare. AO sunt considerate ideale, în afara unor situații specificate.

1.1. Multiplicator cu o constantă

Un amplificator cu AO, în orice variantă este deasemenea și un multiplicator cu o constantă. Presupunem amplificatorul neinversor (figura 1). Dacă se face presupunerea curentă că tensiunea între intrările AO și curenții de intrare sunt neglijabili atunci:

$$U_I = R I$$

$$U_O = (R + R_F) I$$

și deci $U_O = (1 + R_F/R) U_I$, (1)

adică tensiunea de ieșire este egală cu tensiunea de intrare multiplicată cu constanta din paranteză.

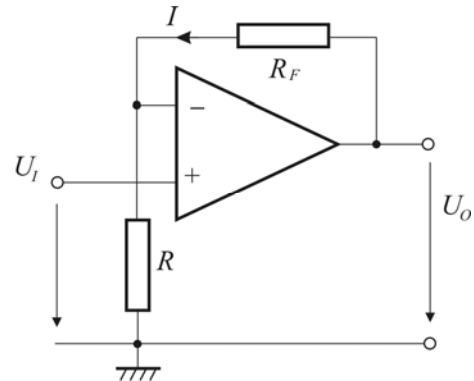


Fig. 1. Multiplicator cu o constantă cu AO

1.2. Circuit de sumare

Un circuit care realizează sumarea ponderată a mai multor tensiuni este prezentat în figura 2.

Dacă se face presupunerea curentă că tensiunea între intrările AO și curenții de intrare sunt neglijabili atunci:

$$U_1 = R_1 I_1;$$

$$U_2 = R_2 I_2;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$U_N = R_N I_N$$

și $U_O = -R_F I_F;$

iar $I_1 + I_2 + \dots + I_N = I_F$

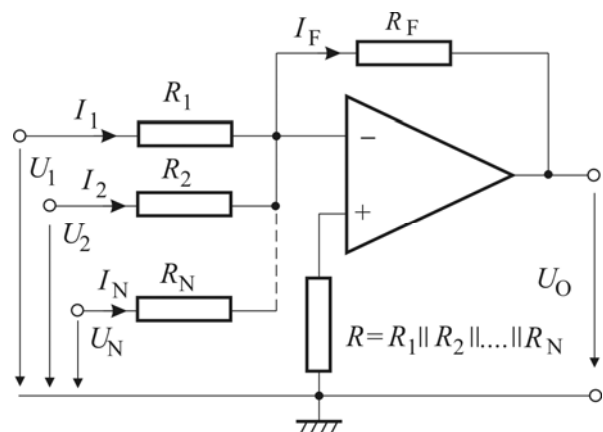


Fig. 2. Circuit de sumare cu AO

Înlocuind curenții din primele relații în ultima rezultă că tensiunea de ieșire este media ponderată a tensiunilor de intrare cu semn schimbat:

$$U_O = - \left(\frac{R_F}{R_1} U_1 + \frac{R_F}{R_2} U_2 + \dots + \frac{R_F}{R_N} U_N \right) \quad (2)$$

Pentru cazul $R_F = R_1 = R_2 = \dots = R_N$ se obține suma cu semn schimbat a tensiunilor de intrare.

$$U_O = - (U_1 + U_2 + \dots + U_N). \quad (3)$$

1.3. Circuit de integrare

Circuitul integrator este prezentat în figura 3. Dacă se face presupunerea curentă că tensiunea între

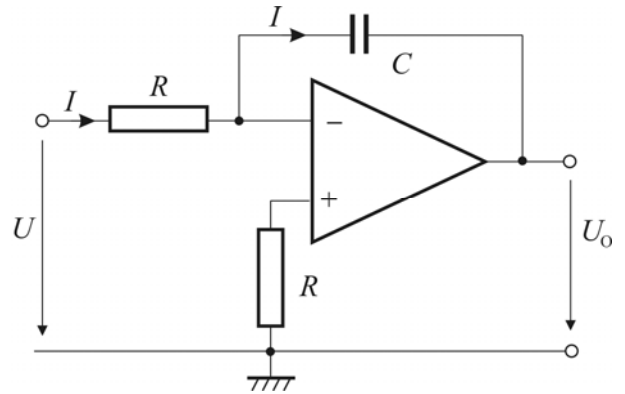


Fig. 3. Circuit de integrare cu AO

intrările AO și curenții de intrare sunt neglijabili atunci:

$$U = RI;$$

$$U_O = U_C = - \frac{1}{C} \int_0^t Idt + U_C(0)$$

și se obține

$$U_O = - \frac{1}{RC} \int_0^t U dt + U_C(0), \quad (4)$$

și deci tensiunea de ieșire este proporțională cu integrala în timp a tensiunii de intrare.

Timpul de integrare este limitat la un astfel de circuit de apariția unor erori crescătoare în timp, datorate generatoarelor de eroare de la intrarea AO, de forma:

$$1/RC \int_0^t V_{DI} dt, 1/C \int_0^t I_{DI} dt.$$

Readucerea la zero după terminarea integrării se face cu ajutorul unor comutatoare (electronice sau contacte ale unor relee) care descarcă condensatorul de integrare.

1.4. Conversor tensiune-curent

Un convertor de tensiune-curent este de fapt un generator de curent comandat în tensiune având curentul proporțional cu tensiunea de comandă.

Cel mai cunoscut generator de curent este tranzistorul, cel bipolar fiind comandat în curent iar cele unipolare fiind comandate în tensiune.

Un circuit ca cel din figura 4 este cel mai simplu generator de curent constant. Cu aproximațiile marcate pe desen, rezultă imediat:

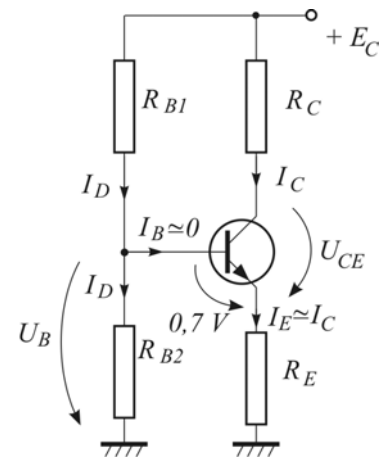


Fig. 4. Generator de curent constant

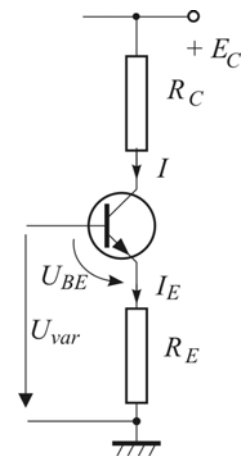


Fig. 5. Conversor tensiune-curent

$$U_B = E_C \frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_{B1}} = 0,7 + R_E I_C \quad (5)$$

Ultima egalitate spune și că, deoarece toate celelalte marimi sunt constante și curentul I_C este constant. Trebuie precizat că situația este valabilă doar pentru cazul în care tranzistorul este în regiunea activă și circuitul este ales astfel încât $I_D \gg I_B$.

Rezulta deasemenea că dacă se poate neglija tensiunea de deschidere a tranzistorului, $U_{BE}=0,7V$ atunci circuitul simplificat din figura 5 este un convertor tensiune-curent:

$$U_{var} = U_{BE} + I_E R_E \approx I R_E$$

și deci:

$$I = U_{var} / R_E \quad (6)$$

Eroarea este însă semnificativă.

Deoarece tensiunea între intrările AO este mult mai mică decât U_{BE} , un circuit ca acela prezentat în figura 6 elimină această eroare:

$$U_{var} = I_E R_E = I R_E$$

și rezultă aceeași relație (6), curentul este direct proporțional cu tensiunea variabilă de comandă.

Mai rămâne eroarea care se face prin neglijarea I_B . Aceasta la rândul ei poate fi micșorată sensibil dacă se utilizează tranzistoare în conexiune Darlington sau tranzistoare cu efect de câmp.

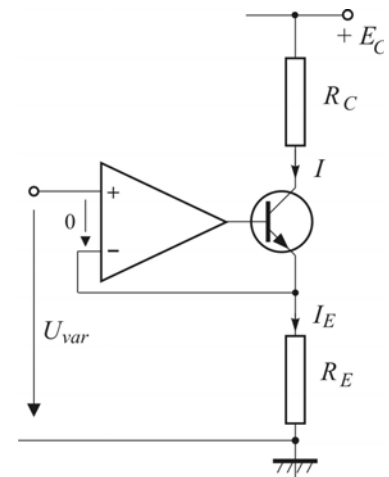


Fig. 6. Convertor tensiune-curent cu AO

1.4. Circuit cu reacție pozitivă

Dacă AO este utilizat cu reacție pozitivă atunci circuitul are un comportament distinct.

În primul rând tensiunea de ieșire are doar două valori, și anume valorile maximă și minimă ale AO, care depind de sarcina și de tensiunile de alimentare V_+ și V_- .

În al doilea rând trecerea de la una dintre aceste valori la cea de a doua se face prin salt, cu viteză mare.

În al treilea rând există două praguri la care se face această trecere. Circuitul astfel realizat se mai numește și **circuit basculant Schmitt** (CBS).

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.

1.4.1. CBS fără inversare

Tensiunea de intrare se aplică în acest caz, ca și tensiunea de reacție, pe intrarea neinversoare. Schema simplificată este prezentată în figura 7.

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

Deoarece reacția este pozitivă, puternică, AO nu este în regim de amplificare, cu U_O între V_+ și V_- (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 V_+ , fie la valoarea de saturație inferioară, o presupunem egală cu V_- .

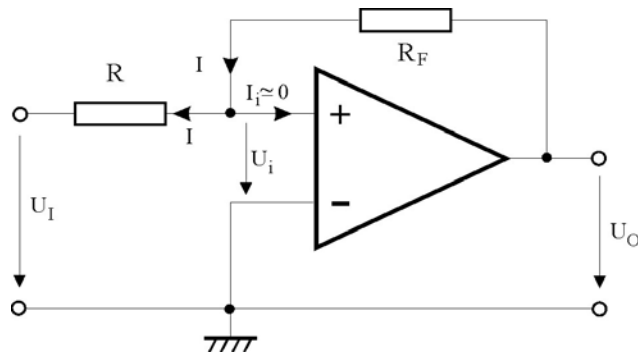


Fig. 7. CBS cu AO fără inversare.

Dacă presupunem U_I la nivel coborât, V_- , atunci U_O este deasemenea V_- deoarece U_i este negativă. 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 :

$$U_I = V_+ R/R_F, \quad (7)$$

moment în care circuitul basculează și U_O devine V_+ .

Creșterea tensiunii de intrare nu mai influențează comportarea circuitului.

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

$$U_I = V_- R/R_F, \quad (8)$$

Dacă intrarea se modifică între limitele menționate, V_+ și V_- atunci mai există o condiție de basculare și anume condiția ca amplificarea să fie supraunitară :

$$R < R_F$$

1.4.2. CBS cu inversare

Tensiunea de intrare se aplică în acest caz pe intrarea neinversoare. Schema simplificată este prezentată în figura 8.

Funcționarea este similară și pragurile de basculare se păstrează.

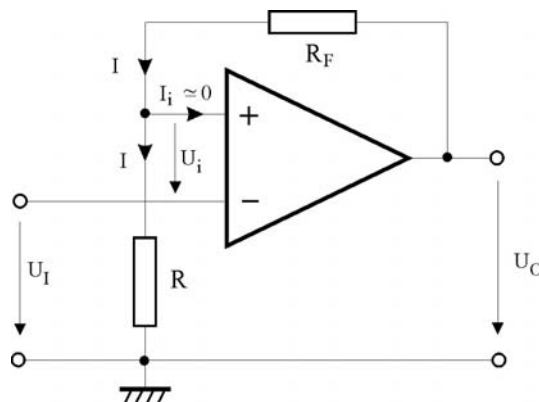


Fig. 9. CBS cu AO cu inversare.