

9.2 PARAMETRII AO

9.2.1 Tensiunea de decalaj la intrare(input offset voltage).

Un AO ideal furnizează la ieșire 0 volți dacă la intrare se aplică tot 0 volți. În realitate la ieșire apare o tensiune continuă de valoare mică fără ca la intrare să fie aplicată o tensiune diferențială. Principala cauză o constituie micul decalaj dintre tensiunile bază-emitor ale etajului diferențial de intrare al AO, ilustrat în **figura 9.2.1**

Tensiunea de ieșire a etajului diferențial poate fi exprimată astfel:

$$V_{OUT} = I_{C2}R_C - I_{C1}R_C$$

Un mic decalaj între tensiunile bază-emitor ale tranzistoarelor T_1 și T_2 se traduce printr-o mică diferență între curenții de colector. De aici valoarea V_{OUT} nenulă.

Tensiunea de decalaj de la intrare V_{OS} , menționată în cataloagele de AO, reprezintă valoarea tensiunii continue ce trebuie aplicată diferențial la intrare pentru ca la ieșire să se obțină diferențial 0 volți. Valorile normale ale tensiunii de decalaj de la intrare sunt de maximum **2 mV**, iar în cazul ideal **0 V**.

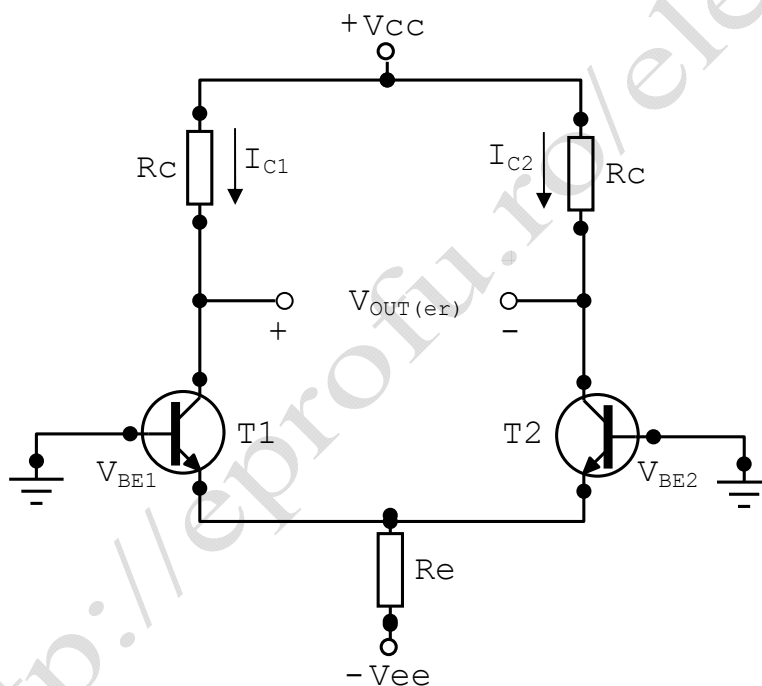


Figura 9.2.1 Diferența dintre V_{BE1} - V_{BE2} generează la ieșire o tensiune de eroare

9.2.2. Deriva termică a tensiunii de decalaj de la intrare(input offset voltage drift with temperature).

Este un parametru referitor la V_{OS} , care precizează cât variază tensiunea de decalaj de la intrare pentru o variație a temperaturii cu un grad. Valorile uzuale se încadrează în limitele 5...50 μV / grad Celsius.

9.2.3. Curentul de polarizare de intrare (input bias current).

Curentul de polarizare de intrare este curentul continuu ce trebuie aplicat la intrările amplificatorului pentru ca primul etaj să funcționeze corect. Acesta este *media* curenților de intrare și se calculează astfel:

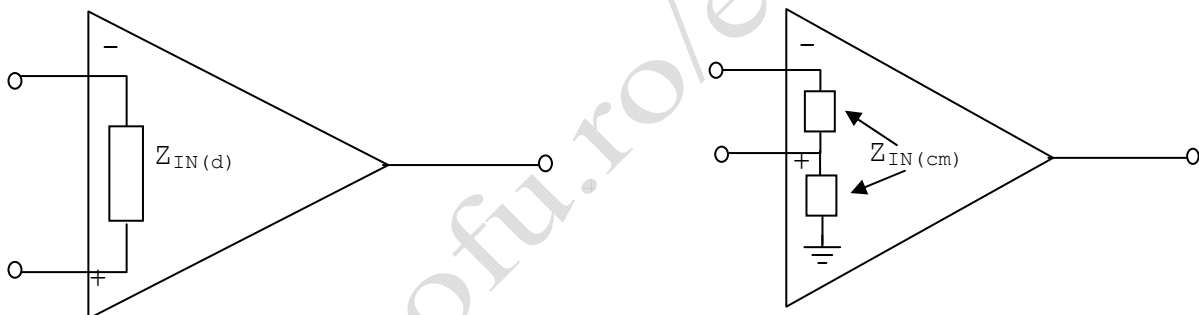
$$I_{POL} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

9.2.4. Impedanța de intrare.

Cele două moduri de bază în care se precizează impedanța de intrare a unui AO sunt **modul diferențial** și **modul comun**.

Impedanța de intrare diferențială este rezistența totală dintre intrarea inversoare și cea neinversoare (figura 9.2.2.a). Această impedanță se măsoară prin determinarea variației curentului de polarizare pentru o variație dată a tensiunii de intrare diferențiale.

Impedanța de intrare în modul comun este rezistența dintre fiecare intrare și masă și se măsoară prin determinarea variației curentului de polarizare pentru o variație dată a tensiunii de intrare în modul comun (figura 9.2.2.b).



a) Impedanța de intrare diferențială

b) Impedanța de intrare în modul comun

Figura 9.2.2 Impedanța de intrare a AO

9.2.5. Curentul de decalaj de la intrare (input offset current).

Curenții de polarizare de la cele două intrări, în realitate, nu sunt absolut egali.

Curentul de decalaj la intrare, I_{OS} , este diferența în valoare absolută, dintre curenții de polarizare de intrare.

$$I_{OS} = |I_1 - I_2|$$

Ordinul de mărime al curentului de decalaj este inferior cel puțin cu o treaptă (de zece ori) ordinului de mărime al curentului de polarizare. În numeroase aplicații, curentul de decalaj se poate neglija. Totuși, la amplificatoarele cu câștiguri și impedanțe de intrare mari, valoarea I_{OS} trebuie să fie cât se poate de mică, deoarece diferența dintre curenți generează, pe o rezistență de intrare mare, o tensiune de decalaj semnificativă, ca în figura 9.2.3.

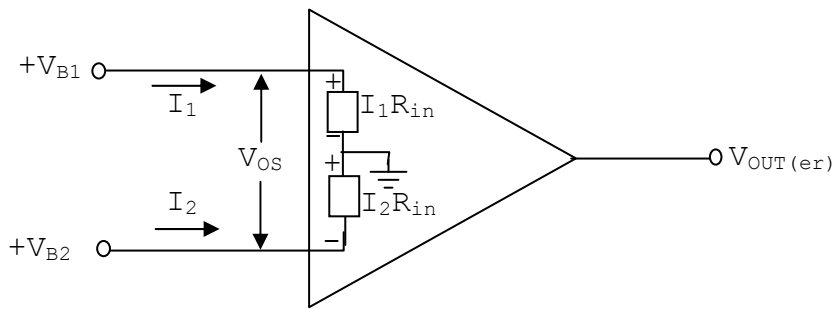


Figura 9.2.3 Efectul curentului de decalaj la intrare

Tensiunea de decalaj datorată curentului de decalaj de la intrare este:

$$V_{OS} = I_1 \cdot R_{in} - I_2 \cdot R_{in} = (I_1 - I_2) \cdot R_{in} \quad V_{OS} = I_{OS} \cdot R_{in}$$

Eroarea generată de I_{OS} este amplificată cu câștigul A_V al AO și apare la ieșire sub forma:

$$V_{OUT(er)} = A_V \cdot I_{OS} \cdot R_{in}$$

9.2.6. Impedanța de ieșire.

Impedanța de ieșire este rezistența văzută dinspre borna de ieșire a AO, ca în **fig.9.2.4**

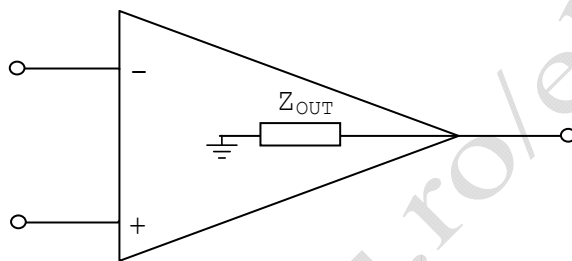


Figura 9.2.4 Impedanța de ieșire a AO

9.2.7. Domeniul tensiunilor de intrare în modul comun.

Orice AO funcționează la tensiuni de intrare ce se înscriu într-un domeniu limitat.

Domeniul tensiunilor de intrare în modul comun cuprinde tensiunile care, aplicate pe ambele intrări, nu determină la ieșire limitări sau distorsiuni de orice altă natură. La multe amplificatoare operaționale, acest domeniu este $\pm 10V$ pentru tensiuni continue de alimentare de $\pm 15V$.

9.2.8. Câștigul în tensiune în buclă deschisă, A_{oI} .

Câștigul în tensiune în buclă deschisă este câștigul în tensiune intern, propriu dispozitivului și este egal cu raportul dintre tensiunea de ieșire și cea de intrare în condițiile în care AO nu este conectat cu nici o componentă exterioară. Parametrul acesta este determinat exclusiv de circuitele din interior. Câștigul în tensiune în buclă deschisă poate ajunge până la valoarea de 200.000.

În cataloage este menționat frecvent drept *câștig în tensiune la semnal mare (large-signal voltage gain)*.

9.2.9. Factorul de rejecție pe modul comun.

Factorul de rejecție pe modul comun (CMRR), este o măsură a capacității AO de a suprima semnalele ce intră în modul comun. Un CMRR infinit înseamnă că la ieșire se obține zero dacă la ambele intrări se aplică același semnal (în modul comun).

Practic nu se poate realiza un CMRR infinit, dar un AO de calitate are CMRR foarte mare. Semnalele ce pătrund în modul comun sunt tensiuni datorate interferențelor, ca de exemplu, pulsații de 50Hz din rețeaua de alimentare și zgomot radiat de alte circuite. Cu un CMRR de valoare mare, AO elimină, practic, de la ieșire semnalele datorate interferențelor.

Ca definiție a CMRR pentru AO s-a acceptat raportul dintre câștigul în tensiune în buclă deschisă (A_{ol}) și câștigul în modul comun (A_{cm})

$$CMRR = \frac{A_{ol}}{A_{cm}}$$

De obicei acesta se exprimă în decibeli astfel:

$$CMRR = 20 \log \left(\frac{A_{ol}}{A_{cm}} \right)$$

9.2.10. Viteza de variație a semnalului de ieșire SR (slew rate).

Viteza de variație a semnalului de ieșire reprezintă panta maximă, la ieșire, a răspunsului la un semnal treaptă de intrare. Acesta depinde de răspunsurile la frecvențe înalte ale etajelor de amplificare din interiorul AO.

Viteza de variație a semnalului de ieșire se măsoară cu AO conectat ca în **fig.9.2.5(a)**.

La intrare se aplică un semnal treaptă, iar la ieșire se măsoară tensiunea ca în **fig.9.2.5 (b)**.

Durata impulsului de intrare trebuie să fie suficient de mare pentru a permite semnalului de ieșire să se desfășoare între limita lui inferioară și cea superioară. Viteza de variație a semnalului de ieșire are expresia:

$$SR = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta t} \quad \text{unde } \Delta V_{out} = +V_{max} - (-V_{max}).$$

Viteza de variație a tensiunii de ieșire se măsoară în volți / microsecundă (V / μ s).

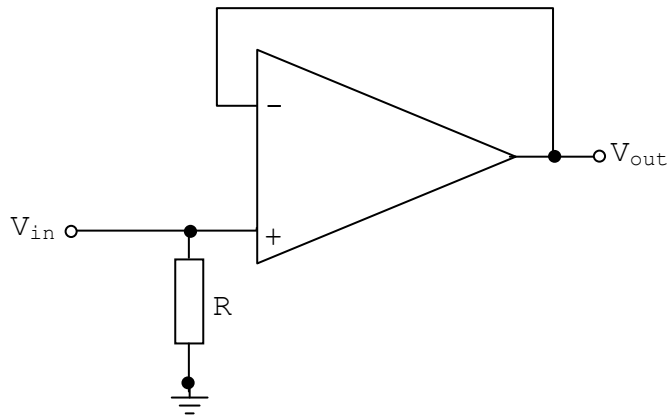


Figura 9.2.5(a). Măsurarea vitezei de variație a semnalului de ieșire.

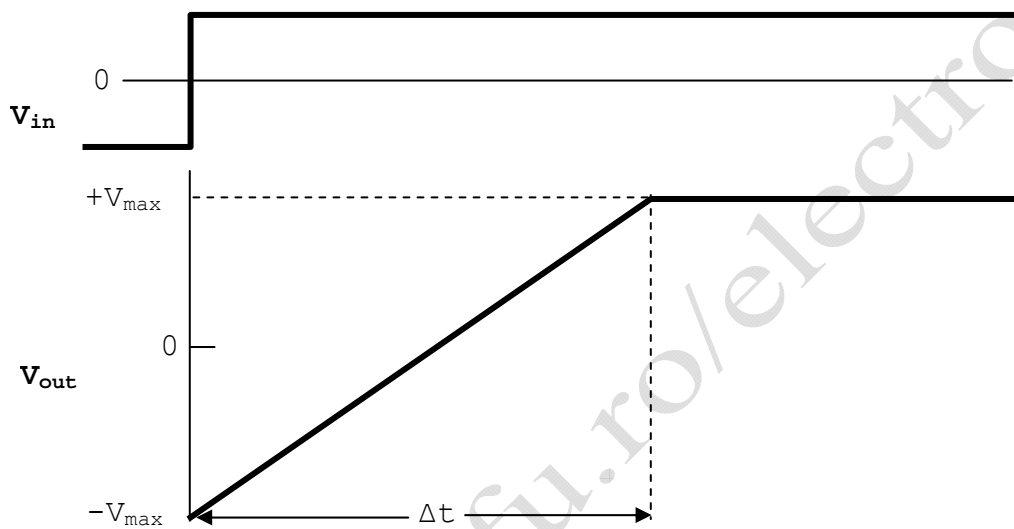


Figura 9.2.5(b). Tensiunea de treaptă de la intrare și tensiunea obținută la ieșire.

9.2.11. Răspunsul în frecvență.

Răspunsul în frecvență arată cum variază câștigul în tensiune cu frecvența.

Câștigul în tensiune în buclă deschisă a unui AO acoperă un domeniu ce începe de la 0 și este mărginit superior de o frecvență de tăiere la care valoarea câștigului este cu 3 dB mai mică decât cea maximă din banda de trecere. AO sunt amplificatoare fără capacități de cuplaje între etaje, deci nu prezintă frecvență de tăiere inferioară. Aceasta înseamnă că banda lor de trecere se întinde până la frecvența 0, iar tensiunile continue sunt amplificate în aceeași măsură ca și semnalele având frecvențe din banda de trecere.

Facilități importante ale AO:

- protecție la scurtcircuit;
- împiedicarea menținerii aceleiași tensiuni de ieșire (“agățare în partea de sus”);
- anularea decalajului de la intrare.