

4.3 Amplificatoare de semnal mic

Amplificatoarele de semnal mic ASM au semnalul amplificat mic în raport cu tensiunile de c.c. de polarizare a tranzistoarelor. Tranzistoarele funcționează într-o zonă de liniaritate a caracteristicilor și în consecință distorsiunile sunt neglijabile. ASM este destinat amplificării în tensiune a componentei alternative a semnalului. El poate avea unul sau mai multe etaje. Fiecare etaj se obține pornind de la o schemă elementară căreia i se adaugă elemente de circuit pentru polarizarea în c.c. a tranzistoarelor, pentru cuplajul etajelor și pentru separarea acestora. Rețeaua de polarizare poate fi mai simplă sau mai complexă în funcție de necesitățile de insensibilizare la variațiile temperaturii, tensiunii de alimentare sau parametrilor tranzistoarelor. Elementele de cuplaj și separare au un rol dublu. Să permită trecerea componentei variabile (de c.a.) a semnalului de la un etaj la celălalt în timp ce fac o separare în c.c. astfel ca regimul de c.c. al unui etaj să nu le influențeze pe acelea ale etajelor alăturate. Cele mai folosite elemente de cuplaj și separare sunt condensatoarele, deoarece sunt avantajoase din punct de vedere al prețului, al volumului cât și al comportării cu frecvența, dar în unele situații se utilizează cuplajul prin transformator care poate face și adaptarea de putere.

Etaj ASM în conexiune EC

Schema unui etaj ASM în conexiune EC este prezentată în figura 4.10. C_1 și C_O sunt elementele de cuplaj și separare. R_C este rezistența de sarcină, R_{B1} și R_{B2} sunt rezistențe pentru polarizarea bazei iar R_E este rezistența de stabilizare la variația temperaturii sau a mărimii parametrilor tranzistoarelor. R_E are însă un efect negativ în c.a. și anume acela că micșorează amplificarea de tensiune a etajului. Această influență negativă este eliminată prin plasarea condensatorului C_E în paralel pe R_E (figura 4.11). Acesta este numit și condensator de decuplare deoarece în c.a. are impedanța mică și micșorează mult impedanța echivalentă a grupului $C_E R_E$ paralel care devine neglijabilă. Atunci când se dorește un control mai precis al amplificării etajului, C_E este conectat ca în figura 4.12., cu R_E împărțită în două. În acest caz amplificarea de tensiune a etajului este aproximativ egală cu un raport de rezistențe, R_C/R_{E1} .

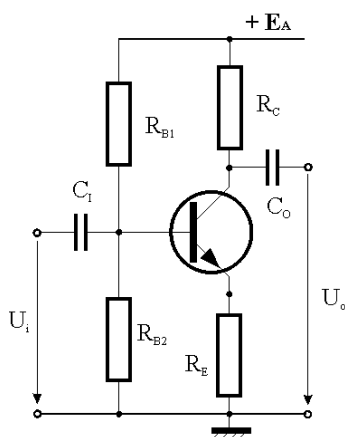


Fig. 4.10. ASM conexiune EC

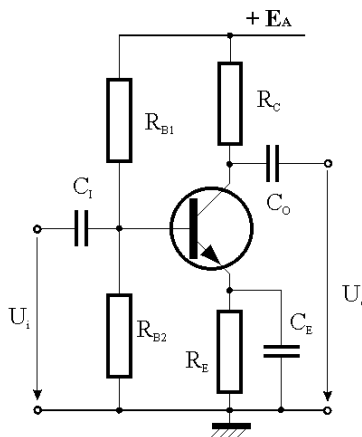


Fig. 4.11. Decuplare R_E .

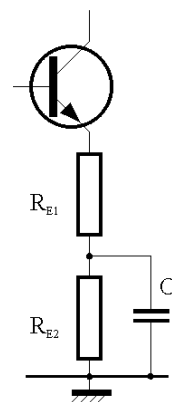


Fig. 4.12. Divizare R_E .

Etaj ASM în conexiune BC

Schema unui etaj ASM în conexiune BC este prezentată în figura 4.13. Schema de polarizare este identică cu a etajului în conexiune EC iar rezistența R_C este de asemenea rezistența de sarcină a etajului. Rolul condensatoarelor C_1 și C_O este același, cuplaj și separare. Nu există condensator de decuplare pentru R_E dar există condensatorul C_B pentru decuplarea R_{B2} .

Etaj ASM în conexiune CC

Schema unui etaj ASM în conexiune CC este prezentată în figura 4.14. Rolul elementelor este similar cazurilor anterioare. R_{B1} , R_{B2} și R_E formează rețeaua de polarizare dar R_E este în același timp și rezistență de sarcină. Nu există condensator de decuplare.

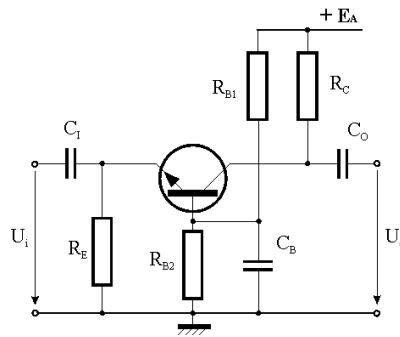


Fig. 4.13. ASM conexiune BC

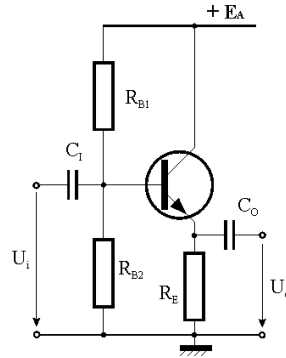


Fig. 4.14. ASM conexiune CC

4.3 Amplificatoare de curent continuu

Probleme generale

Amplificatorul de c.c. amplifică atât componenta alternativă cât și pe cea continuă a unui semnal electric. Limita de jos a benzii de frecvență trebuie să fie zero iar caracteristica de frecvență are forma din figura 4.7a.

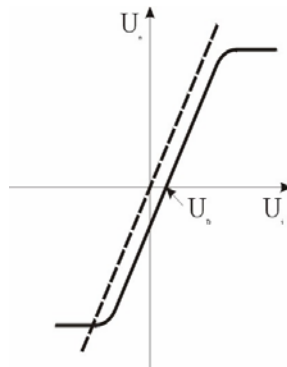


Fig. 4.15. Caracteristica de transfer

Câteva probleme specifice amplificatoarelor de c.c. sunt puse în evidență cu ajutorul figurii 4.15. în care sunt reprezentate caracteristicile de transfer pentru un amplificator de c.c. ideal (punctat) și unul real. Principalele cerințe ale unui amplificator de c.c. sunt: o amplificare mare (pantă accentuată a caracteristicii); zonă liniară mai mare decât amplitudinea maximă a semnalului; transmiterea polarității semnalului continuu (caracteristica să fie în două cadrane opuse); respectarea condiției de zero (unui nivel zero la intrare să-i corespundă un nivel zero la ieșire deci caracteristica să treacă prin zero). Amplificarea se poate mări adăugând etaje de amplificare, prelungirea zonei de liniaritate se face prin mărirea nivelului sursei de alimentare și după cum se va vedea prin utilizarea reacției negative iar pentru transmiterea polarității se folosesc două surse de alimentare sau montajele diferențiale.

Un parametru important legat de condiția de zero este *tensiunea de decalaj* sau *tensiunea de off-set* care reprezintă tensiunea ce trebuie aplicată la intrarea amplificatorului pentru a obține zero la ieșire. Eliminarea decalajului se face cu sisteme de reglaj (reglaj de nul) prevăzute în mod curent la amplificatoarele de c.c.

Un fenomen specific amplificatoarelor de c.c. este fenomenul de *derivă*. Presupunând un reglaj de nul perfect, deci tensiuni zero la intrare și ieșire, se observă că în timp tensiunea de ieșire are o deviație (derivă) lentă de la valoarea zero. Cauza principală este modificarea temperaturii dar există și o componentă datorată îmbătrânirii elementelor.

După principiul de funcționare amplificatoarele de c.c. sunt cu cuplaj direct sau cu modulare-demodulare. Cele cu cuplaj direct se împart la rândul lor în simetrice și nesimetrice.

Amplificatoare de c.c. nesimetrice

Acestea sunt cele mai simple dar cu performanțele cele mai modeste. Punctul de plecare este un amplificator elementar iar pașii făcuți pentru a obține un amplificator de c.c. nesimetric pot fi urmăriți pe figura 4.16. unde sunt prezentate schemele și formele caracteristicilor de transfer corespunzătoare. Cuplajul se face direct sau prin rezistențe. La primul pas amplificatorul elementar în conexiune EC este completat cu rețeaua de polarizare. Caracteristica de transfer trece departe de origine și în zona de liniaritate tensiunile au un singur semn, în cazul acesta fiind ambele pozitive. Prin adăugarea unei a doua surse de alimentare V_B , în serie cu prima și având masa la punctul median al lor, caracteristica de transfer intră și în zone de polarități diferite pentru tensiuni, dar este nesimetrică și nu trece prin origine. Simetrizarea și asigurarea condiției de zero (sau restabilirea nivelului de zero) se realizează cel mai simplu prin adăugarea unui divizor rezistiv.

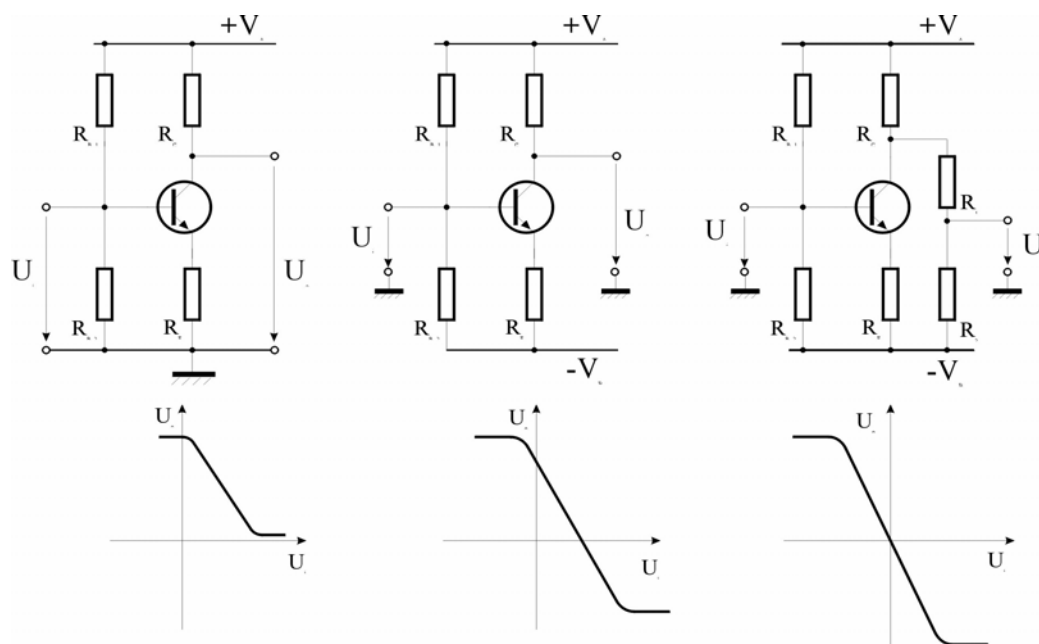


Fig. 4.16. Dezvoltarea unui amplificator de c.c. nesimetric

Amplificatoare de c.c. simetrice

Schema unui etaj amplificator simetric sau diferențial este prezentată în figura 4.17. Calitatea principală a etajului este deriva redusă care depinde esențial de simetria schemei astfel că rezistențele R_C se aleg de valori iar tranzistoarele T_1 și T_2 de performanțe cât mai apropiate. Amplificatorul are ca borne de intrare bazele tranzistoarelor iar ca borne de ieșire colectoarele acestora iar semnalele de intrare și de ieșire numite semnale diferențiale sunt diferențele semnalelor între baze sau colectoare și masă numite semnale comune: $u_i = u_{B1} - u_{B2}$; $u_o = u_{C1} - u_{C2}$.

Un amplificator de curent continuu cu cuplaj direct poate conține atât etaje simetrice cât și etaje nesimetrice și este realizat îndeosebi sub formă integrată fiind cunoscut sub denumirea de amplificator operațional.

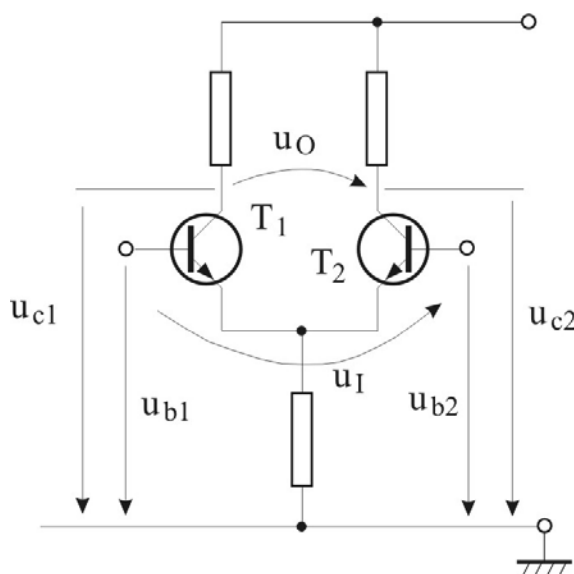


Fig. 4.17. Amplificator diferențial

4.4 Conexiunea Darlington

Metodă larg utilizată pentru mărirea amplificării de putere și a rezistenței de intrare constă în folosirea tranzistoarelor compuse (conexiune Darlington). Conexiunea Darlington este o schemă cu două tranzistoare T_1 și T_2 , legate cum se arată în figura 4.21, a), curentul de colector al primului tranzistor T_1 (de putere mică) fiind curent de bază pentru tranzistorul T_2 (de putere). Mai poartă numele de dublet.

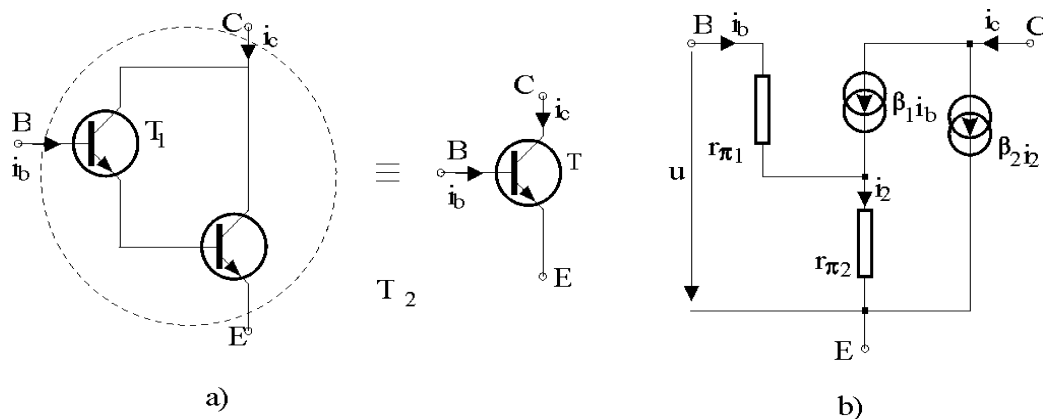


Fig. 4.21. Conexiune Darlington fără schimbare de polaritate

Această combinație este echivalentă cu un singur tranzistor T, cu parametri dinamici schimbați după cum rezultă din calculul simplificat pe schema echivalentă (figura 4.21, b):

$$\begin{aligned} i_c &= \beta_1 i_b + \beta_2 i_2 = \beta_1 i_b + \beta_2 (\beta_1 + 1) i_b ; \\ \beta &= i_c / i_b = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2 ; \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned} u &= r_{\pi 1} i_b + r_{\pi 2} (\beta_1 + 1) i_b \\ r_{\pi} &= u / i_b = r_{\pi 1} + r_{\pi 2} + \beta_1 r_{\pi 2} \end{aligned} \quad (4.25)$$

Deci crește mult factorul de amplificare în curent echivalent, β , fiind aproximativ produsul factorilor de amplificare ai tranzistoarelor conexiunii, și crește de asemenea rezistența de intrare echivalentă r_{π} .

Se mai folosește conexiunea Darlington cu schimbare de polaritate (figura 4.23, a). Și această combinație este echivalentă cu tranzistor cu parametri dinamici schimbați, dar este compusă din tranzistoare diferite (în figura T_1 – npn, tranzistorul de putere T_2 – pnp, dau un tranzistor echivalent npn, existând și combinația inversă).

Calculul parametrilor dinamici se face pe schema echivalentă din figura 4.23, b)

$$\begin{aligned} i_c &= \beta_1 i_b - \beta_2 i_2 = \beta_1 i_b + \beta_2 \cdot \beta_1 i_b \\ \beta &= i_c / i_b = \beta_1 + \beta_1 \cdot \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2 \end{aligned} \quad (4.26)$$

$$r_{\pi} = u / i_b = r_{\pi 1} \quad (4.27)$$

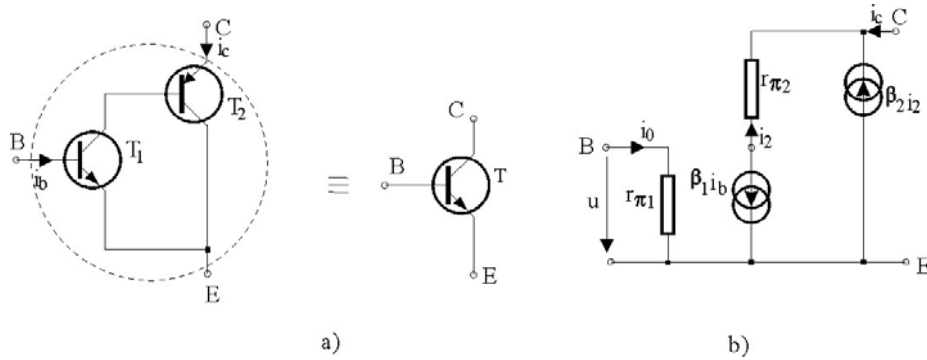


Fig. 4.23. Conexiune Darlington fără schimbare de polaritate

Ca și în cazul conexiunii Darlington normale, factorul de amplificare în curent echivalent este aproximativ egal cu produsul factorilor de amplificare ai tranzistoarelor conexiunii, dar rezistența de intrare echivalentă pentru conexiunea Darlington cu schimbare de polaritate nu este mărită, fiind rezistența de intrare a primului tranzistor.

Se utilizează la puteri foarte mari și combinații de trei tranzistoare-triplet, și adeseori combinații paralele pentru ultimul tranzistor de triplet.