

LCURAREA NR.7

CONEXIUNILE FUNDAMENTALE ALE TRANZISTORULUI BIPOLAR

1. Scopul lucrării: măsurarea performanțelor amplificatoarelor elementare realizate cu tranzistoare bipolare în cele trei conexiuni fundamentale precum și ale amplificatorului cu sarcină distribuită.

2. Cele trei scheme fundamentale și amplificatorul cu sarcină distribuită sunt prezentate în fig.7.1, sub forma schemelor de principiu. Pentru fiecare din ele se definesc :

-amplificarea de tensiune : $\frac{U_2}{U_1}$ (pentru Z_S

dat) ;

-amplificarea de curent : $\frac{I_2}{I_1}$ (pentru Z_S dat) ;

-amplificarea de intrare : $\frac{U_1}{I_1}$ (pentru Z_S dat)

;

-amplificarea de ieșire : (pentru R_g dat) ;

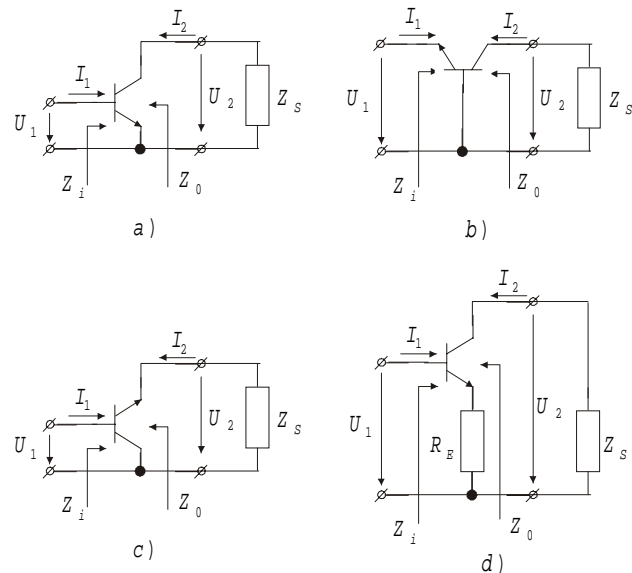


fig.7.1

În ceea ce privește comportarea la frecvențe înalte, cele patru montaje sunt caracterizate prin frecvențe limite de sus de valori diferite (frecvențele la care modulul amplificării de tensiune scade cu 3 dB față de valoarea de la frecvențe medii).

3. Pentru cele patru scheme din fig.7.1, mărimile caracteristice (mai puțin frecvența limită de sus) se determină, teoretic, cunoscând parametrii h ai tranzistorului în punctul static de funcționare. În relațiile de calcul, date în tabelul 7.1, Z_S este impedanța de sarcină, Z_g este impedanța generatorului de semnal, care nu este reprezentată în fig.7.1. iar $[h]$ sunt parametrii hibridi ai tranzistorului în conexiunea EC în punctul static de funcționare considerat. În fiecare caz în parte sunt trecute și relațiile aproximative de calcul valabile dacă : $h_{22}Z_S \ll 1$, $h_{12} \ll 1$, $\Delta h \ll 1$, $h_{21} \ll 1$ condiții îndeplinite frecvent în practică (și în circuitul testat).

În tabel s-au folosit notațiile : $\Delta h = h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}$, $N = h_{21} + 1 - h_{12} + \Delta h$. - $h_{11} + (h_{21} + 1)Z_e$

	EC	BC	CM	SD (aprox.)
A_u	$-\frac{h_{21}Z_S}{h_{11} + \Delta h \cdot Z_S} \approx -SZ_S$	$\frac{(h_{21} + \Delta h)Z_S}{h_{11} + \Delta h \cdot Z_S} \approx SZ_S$	$\frac{(h_{21} + 1)Z_S}{h_{11} + (h_{21} + 1)Z_S} \approx 1$	$-\frac{Z_C}{Z_e}$
A_i	$\frac{h_{21}}{1 + h_{22} \cdot Z_S} \approx h_{21}$	$-\frac{h_{21} + \Delta h}{N + h_{22} \cdot Z_S} \approx -1$	$-\frac{h_{21} + 1}{1 + h_{22} \cdot Z_S} \approx -h_{21}$	h_{21}
Z_i	$\frac{h_{11} + Z_S \cdot \Delta h}{1 + h_{22} \cdot Z_S} \approx h_{11}$	$\frac{h_{11} + Z_S \cdot \Delta h}{N + h_{22} \cdot Z_S} \approx \frac{1}{S}$	$\frac{h_{11} + N \cdot Z_S}{1 + h_{22} \cdot Z_S} \approx h_{11} + h_{21}Z_S$	

Z_0	$\frac{h_{11} + R_g}{\Delta h + R_g \cdot h_{22}}$	$\frac{h_{11} + N \cdot Z_g}{\Delta h + Z_g \cdot h_{22}}$	$\frac{h_{11} + Z_g}{N + Z_g \cdot h_{22}} \approx \frac{1}{S} + \frac{Z_g}{h_{21}}$	
-------	--	--	--	--

Tabelul 7.1

4. Pentru determinarea amplificării de tensiune, a amplificatorului de curent și a impedanței de intrare se folosește schema de măsurare din fig.7.2. Se deduc ușor relațiile : $A_u = \frac{U_2}{U_1}$ (7.1),

$$A_i = \frac{U_2}{U_1 - U_1'} \frac{R'}{R_S} \quad (7.2), \quad Z_{int} = \frac{U_1}{U_1' - U_1} R' \quad (7.3).$$

În privința impedanței de intrare, se observă că, în cazul schemei concrete utilizate (fig.7.4), impedanța de intrare calculată cu relația (7.3) pentru schema din fig.7.2 este afectată de prezența circuitului de polarizare, astfel că, pentru montajele emitor la masă (EM), colector la masă (CM) și cu sarcină distribuită (SD), la care intrarea se face pe bază, se obține : $Z_{int} = Z_i \parallel R_{b1} \parallel R_{b2}$ (7.4) iar pentru montajul bază la masă, la care semnalul se aplică pe emitor, se obține: $Z_{int} = Z_i \parallel R_{e1}$ (7.4').

În aceste relații, Z_i este impedanță de intrare definită pentru schema de principiu din fig.7.1 și calculabilă cu relațiile din tabelul 7.1, pentru fiecare schemă în parte.

De asemenea, în tabelul 7.1, prin Z_g se va înțelege combinația, în paralel, a rezistenței de sarcină, R_S , adăugate din exterior și a rezistenței R_C (pentru montajele EM, BM, și SD), respectiv R_{e1} (pentru montajul CM), necesare pentru polarizarea corectă a tranzistorului în curent continuu.

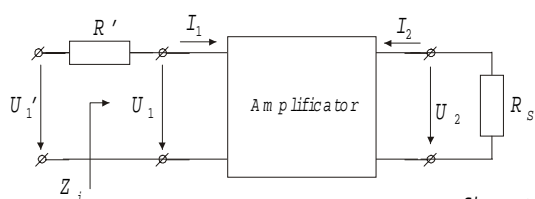


fig. 7.2

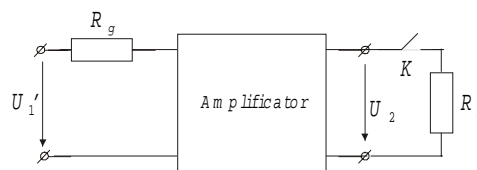


fig. 7.3

5. Pentru determinarea impedanței de ieșire se folosește schema de măsură din fig.7.3, în care R_g este rezistența de ieșire a generatorului de semnal. Se deduce relația:

$$Z_{ies} = R_S \left(\frac{A_{\infty}}{A} - 1 \right) = R_S \left(\frac{U_{2\infty}}{U_2} - 1 \right) \quad (7.5)$$

unde $U_{2\infty}$ este tensiunea de ieșire în gol ($R_S \rightarrow \infty$), iar U_2 este aceeași tensiune de ieșire măsurată cu rezistența de sarcină R_S , ambele pentru aceeași tensiune de intrare U_1' .

De remarcat faptul că impedanța de ieșire măsurată, Z_{ies} , este dată de impedanța de ieșire Z_0 definită pentru schema de principiu, în paralel cu rezistența R_C (pentru montajele EM, BM și SD), adică $Z_{ies} = Z_0 \parallel R_C$ (7.6) respectiv cu rezistența R_{e1} (pentru montajul CM), adică : $Z_{ies} = Z_0 \parallel R_{e1}$ (7.6').

6. Frecvența de tăiere superioară (frecvența limită de sus) se determină cu circuitul din fig.7.2, cu $R' = 0$ și fără rezistență de sarcină din exterior. Frecvența limită de sus se deduce din relația :

$$U_2(f_{max}) = \frac{U_{20}}{\sqrt{2}} \quad (7.7)$$

unde U_{20} este valoarea tensiunii de ieșire în bandă (la 1kHz), la aceeași amplitudine a semnalului de intrare.

DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

1. Se identifică montajul din fig.7.4, în care se folosește un tranzistor de tipul BC 108 B.

Se alimentează montajul cu $E_C = 18\text{ V}$ (la borna 2 față de masă) și se măsoară, cu un voltmetru de curent continuu, punctul static de funcționare. Întrucât se obțin $I_C = 2\text{ mA}$ și $U_{CE} = 5\text{ V}$ pentru verificarea rezultatelor experimentale, se vor lua parametrii h din catalog, adică $h_{11} = 4.5\text{ k}\Omega$, $h_{21} = 330$, $h_{12} = 2.8 \cdot 10^{-4}$, $h_{22} = 30\text{ }\mu\text{s}$.

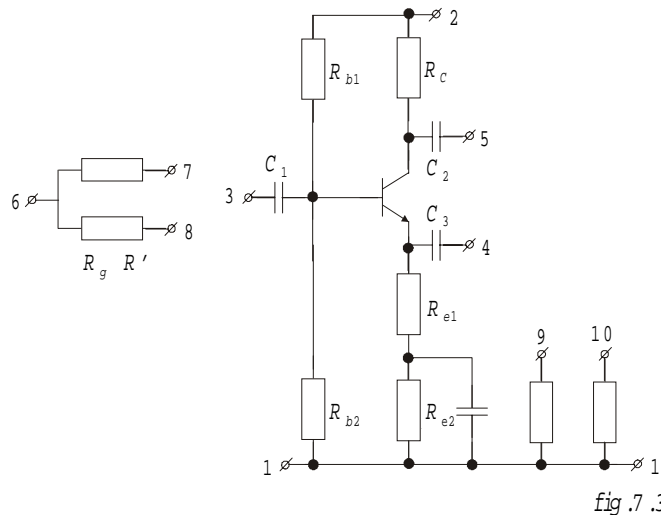


fig. 7.3

2. Se realizează, pe rând, cele patru scheme de amplificatoare elementare, EM, BM, CM, și SD, folosind, în mod convenabil, condensatoarele C_1 , C_2 și C_3 . Se vor măsura amplificarea de tensiune, amplificarea de curent și impedanța de intrare cu schema din fig.7.2, iar impedanța de ieșire cu schema din fig.7.3. Rezultatele se vor trece în tabelul 7.2, în care sunt precizate și nivelele de tensiune ce se aplică la intrarea fiecărui amplificator. În același tabel, se vor trece și rezultatele măsurării frecvenței limită de sus cu schema din fig.7.3.. Frecvența limită de sus se va măsura folosind etalonarea în dB a milivoltmetrului de curent alternativ utilizat în lucrare .

3. Se calculează A_u , A_i și Z_i pentru valorile rezistenței de sarcină specificate în tabelul 7.2 precum și Z_0 impedanța de ieșire, pentru $R_g = 1\text{ k}\Omega$, cu relațiile din tabelul 7.1; se calculează Z_{int} și Z_{ies} cu relațiile (7.4) și (7.4'), respectiv (7.6) și (7.6') și se completează tabelul 7.2.

4. Referatul va conține:

- schemele de măsurare și relațiile de calcul pentru amplificările de tensiune și de curent și pentru impedanțele de intrare și de ieșire;
- schema de măsurare a frecvenței limită de sus;
- tabelul 7.2 cu rezultatele măsurătorilor;
- valorile calculate pentru A_u , A_i , Z_i , Z_0 , Z_{int} și Z_{ies} cu relațiile din tabelul 7.1 și cu celelalte relații de calcul date;
- comentarea eficienței formulelor aproximative pentru amplificările de tensiune și de curent și pentru impedanța de intrare.

PSF			$I_C =$		$U_{CE} =$	
			EM	BM	OM	SD
$E_C = 18V$ $f = 1kHz$						
$A_u = \frac{U_2}{U_1}$ $A_f = \frac{U_2}{U_1 - U_1} \cdot \frac{R}{R_s}$ $Z_{int} = \frac{U_1}{U_1 - U_1} \cdot R$	R	$k\Omega$	56	1	56	56
	R_s	$k\Omega$	10	10	1	10
	U_1	mV	5	5	200	100
	U_1	mV				
	U_2	mV				
	A_u	-				
	A_f	-				
	Z_{int}	$k\Omega$				
$Z_{ies} = R_s \left(\frac{U_{2\infty}}{U_2} - 1 \right)$	R_s	$k\Omega$	1	1	1	1
	R_s	$k\Omega$	10	10	1	10
	U_g	mV	5	2000	200	100
	U_2	mV				
	$U_{2\infty}$	mV				
	Z_{ies}	$k\Omega$				
$U_{20} = U_2(1kHz)$ $U_2(f_{max}) = \frac{U_{20}}{\sqrt{2}}$	U_{20}	dB	0	0	-10	0
	U_2	dB	-3	-3	-13	-3
	f_{max}	kHz				
Se folosesc datele din tabelul 7.1 si celele formule din lucrare	A_u	-				
	A_f	-				
	Z_i	$k\Omega$				
	Z_0	$k\Omega$				
	Z_{int}	$k\Omega$				
	Z_{ies}	$k\Omega$				

Tabelul 7.2