

## Seminar 5

### S5 ANALIZA ÎN REGIM DINAMIC A SCHEMELOR ELECTRONICE FĂRĂ REACȚIE

#### S5.0 Introducere

Pentru a analiza în regim dinamic o schemă electronică, căutăm să determinăm mărimile fundamentale: amplificarea de tensiune ( $A_u$ ), amplificarea în curent ( $A_i$ ), impedanța de intrare ( $Z_{int}$ ) și impedanța de ieșire ( $Z_{ieș}$ ). Aceste mărimi se determină pe schema echivalentă de regim dinamic, care rezultă din schema electrică dată, în urma eliminării componentelor continue, astfel că: condensatoarele se scurtcircuitează la frecvența de lucru, sursele de tensiune continuă se scurtcircuitează, diodele Zener se înlocuiesc cu rezistența lor dinamică ( $\cong 0$ ).

Considerând o schemă electronică sub forma unui cuadripol care este excitat la intrare de o sursă de tensiune iar la ieșire se află conectată o rezistență de sarcină (vezi fig. 5.1), atunci cele patru mărimi fundamentale vor fi definite conform tabelului 1 de la secțiunea S1.4.

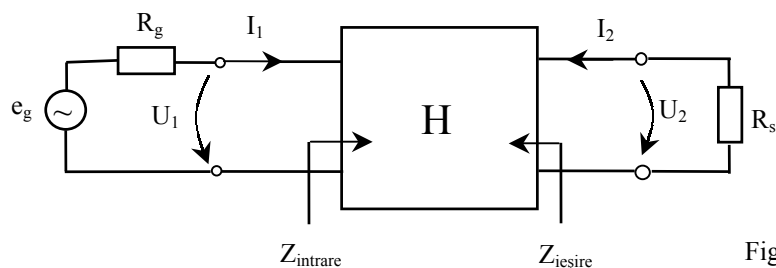


Fig. 5.1

#### S5.1 Problema 1

Se dă schema electrică din figura 5.2 compusă din două amplificatoare conectate în cascadă pentru care se cunosc amplificările de tensiune  $A_1$  și  $A_2$ , impedanțele de intrare  $Z_{int1}$  și  $Z_{int2}$  și impedanțele de ieșire  $Z_{ieș1}$  și  $Z_{ieș2}$ . Să se determine cele patru mărimi fundamentale pentru întreaga schemă electronică.

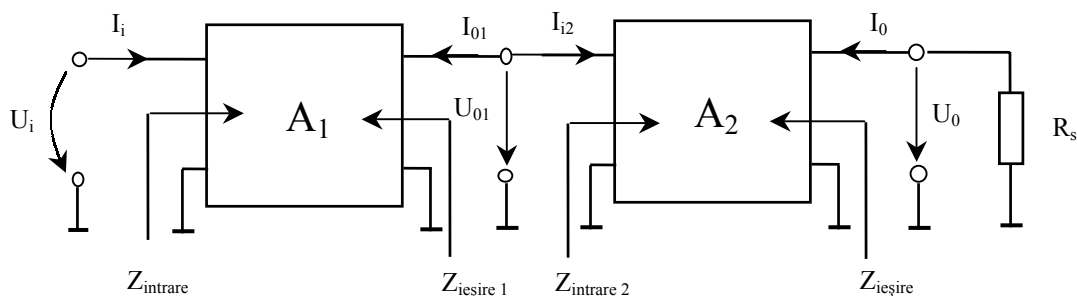


Fig. 5.2

Amplificarea de tensiune pentru întreaga schemă se calculează:

$$A_U = \frac{U_0}{U_i} = \frac{U_{01}}{U_i} \cdot \frac{U_0}{U_{01}} = A_1 \cdot A_2$$

Impedanța de intrare se constată că este aceeași cu impedanța de intrare a primului etaj de amplificare:

$$Z_{int} = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_{i1}}{I_{i1}} = Z_{int1}$$

Impedanța de ieșire este dată de impedanța de ieșire a etajului final:

$$Z_{ies} = \frac{U_0}{I_0} = \frac{U_{02}}{I_{02}} = Z_{ies2}$$

Amplificarea de curent va rezulta din relația:

$$A_I = \frac{I_0}{I_i} = \frac{U_i}{I_i} \cdot \frac{I_0}{U_0} \cdot \frac{U_0}{U_i} = \frac{Z_{int}}{Z_{ies}} \cdot A_U$$

## S5.2 Problema 2

Se dă schema electrică de regim dinamic din figura 5.3 în care tranzistoarele se consideră identice avînd parametri  $h_{11} = 1K$ ,  $h_{12} = 0$ ,  $h_{21} = 100$ ,  $h_{22} = 0$ . Să se aducă schema la o formă mai simplă (făcînd echivalările necesare ale componentelor active) și apoi să se determine amplificarea de tensiune ( $A_u$ ), impedanța de intrare ( $Z_{int}$ ) și impedanța de ieșire ( $Z_{ies}$ ).

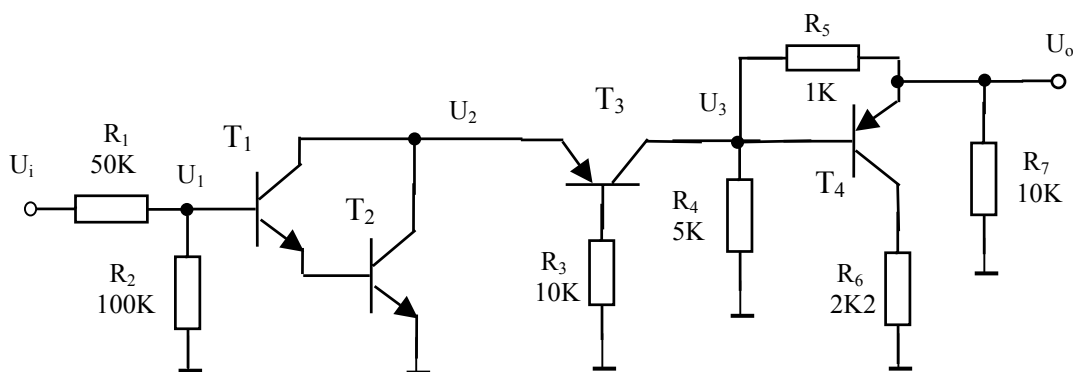
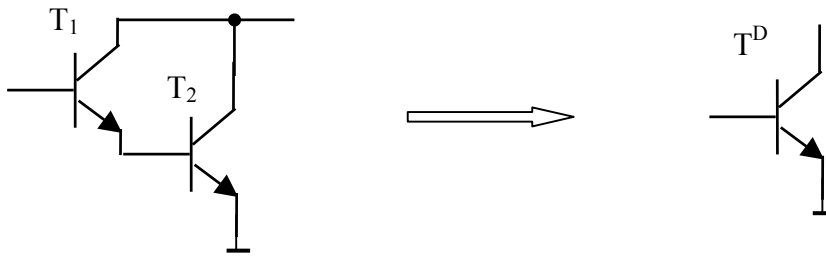


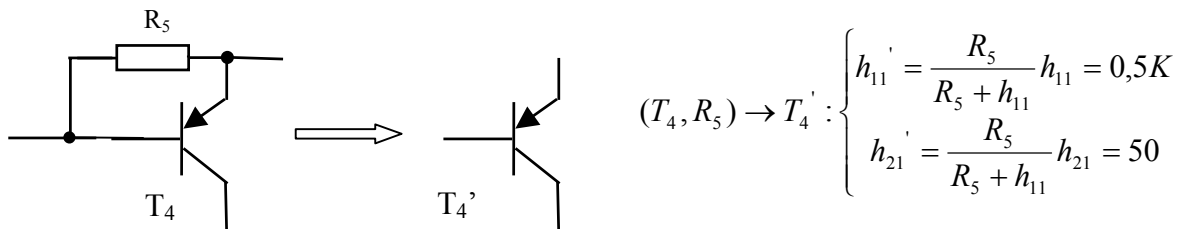
Figura 5.3

Tranzistoarele  $T_1$  și  $T_2$  formează un tranzistor compus Darlington. Parametrii tranzistorului compus sunt:

$$(T_1, T_2) \rightarrow T^D : \begin{cases} h_{11}^D = h_{11} + (h_{21} + 1)h_{11} \cong h_{21}h_{11} = 100K \\ h_{21}^D = h_{21} + (h_{21} + 1)h_{21} \cong h_{21}^2 = 10^4 \end{cases}$$



Structura formată din tranzistorul  $T_4$  și rezistența  $R_5$  formează o structură de tranzistor echivalent cu parametrii:



Echivalările pot continua și cu grupurile  $(T_3, R_3)$  și  $(T_4', R_6)$ . Deoarece aceste echivalări nu sunt imperios necesare, schema de regim dinamic va fi:

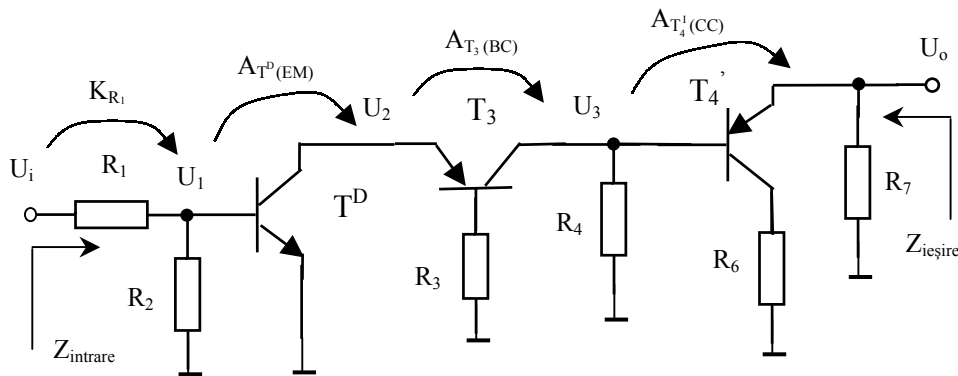


Figura 5.4

Amplificarea de tensiune:

$$A_U = K_{R_1} \cdot A_{T^D(EM)} \cdot A_{T_3(BC)} \cdot A_{T_4'(CC)}$$

unde:

$$K_{R_1} = \frac{R_2 \parallel Z_{BT^D}}{R_1 + R_2 \parallel Z_{BT^D}} = \frac{R_2 \parallel h_{11}^D}{R_1 + R_2 \parallel h_{11}^D}, \quad A_{T^D(EM)} = -\frac{h_{21}^D}{h_{11}^D} R_{ST^D}, \quad R_{ST^D} = Z_{ET_3} = \frac{h_{11} + R_3}{h_{21} + 1}$$

$$A_{T_3(BC)} = \frac{h_{21}}{h_{11} + R_3} R_{ST_3}, \quad R_{ST_3} = R_4 \parallel Z_{BT_4'}, \quad Z_{BT_4'} = h_{11}' + (h_{21}' + 1)R_7,$$

$$A_{T_4'(CC)} \cong 1$$

Impedanța de intrare:  $Z_{int} = R_1 + R_2 \parallel Z_{BT^D} = R_1 + R_2 \parallel h_{11}^D$

Impedanța de ieșire:  $Z_{ies} = R_7 \parallel Z_{ET_4'}, \quad Z_{ET_4'} = \frac{h_{11}' + R_4 \parallel Z_{CT_3}}{h_{21}' + 1}, \quad Z_{CT_3} = \infty$

### S5.3 Problema 3

Se dă schema electronică din figura 5.5. Cunoscând faptul că tranzistoarele au aceiași parametrii  $h_{11} = 1K$ ,  $h_{12} = 0$ ,  $h_{21} = 200$ ,  $h_{22} = 0$ , să se determine amplificarea de tensiune ( $A_u$ ), impedanța de intrare ( $Z_{int}$ ) și impedanța de ieșire ( $Z_{ieș}$ ).

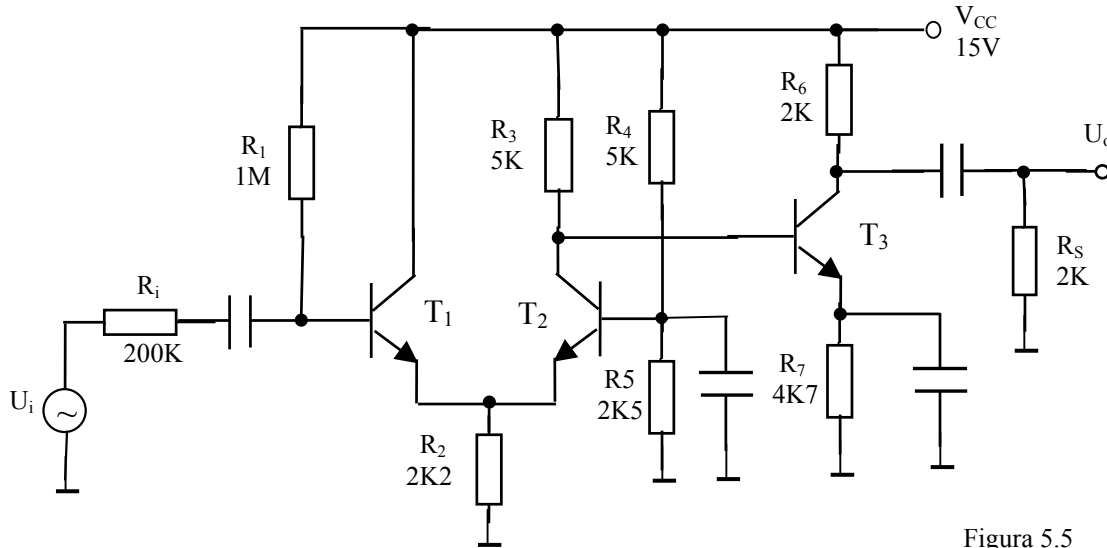


Figura 5.5

Schema echivalentă în regim dinamic se obține prin scurtcircuitarea condensatoarelor și a sursei de alimentare, astfel:

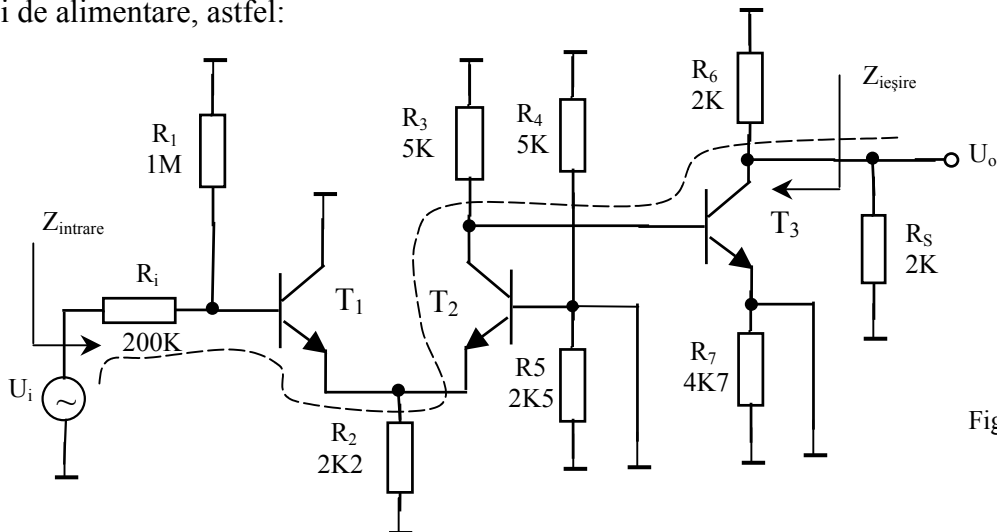


Figura 5.6

În continuare se reasează elementele circuitului, de-a lungul liniei punctate și se obține:

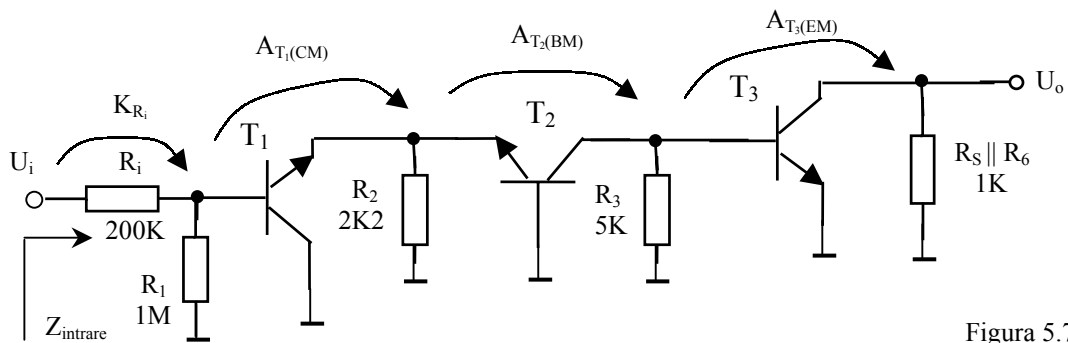


Figura 5.7

Amplificarea de tensiune:

$$A_U = \frac{U_0}{U_i} = K_{R_i} \cdot A_{T_1(CM)} \cdot A_{T_2(BM)} \cdot A_{T_3(EM)} \cong \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1000}{6} \cdot (-200) = -167;$$

$$K_{R_i} = \frac{R_1 \parallel Z_{BT_1}}{R_i + R_1 \parallel Z_{BT_1}} \cong \frac{2h_{11}}{R_i + 2h_{11}} \cong \frac{1}{100}, \quad Z_{BT_1} = h_{11} + (h_{21} + 1)(R_2 \parallel Z_{ET_2}) \cong 2h_{11} \ll R_1; \ll R_i$$

$$Z_{ET_2} = \frac{h_{11}}{h_{21} + 1} \ll R_2;$$

$$A_{T_1(CM)} \cong \frac{(h_{21} + 1) \cdot R_{ST_1}}{h_{11} + (h_{21} + 1) \cdot R_{ST_1}} = \frac{1}{2}, \quad R_{ST_1} = R_2 \parallel Z_{ET_2} \cong Z_{ET_2};$$

Observatie: În cazul conexiunii CC, amplificarea în tensiune este mereu 1, cu excepția cazurilor când are ca sarcină o impedanță văzută în emitor.

$$A_{T_2(BM)} = \frac{h_{21}}{h_{11}} R_{ST_2} = \frac{h_{21}}{h_{11}} (R_3 \parallel Z_{BT_3}) = \frac{h_{21}}{h_{11}} (R_3 \parallel h_{11}) = \frac{1000}{6};$$

$$A_{T_3(EM)} = -\frac{h_{21}}{h_{11}} R_{ST_3} = -\frac{h_{21}}{h_{11}} (R_6 \parallel R_S) = -200;$$

Impedanța de intrare:  $Z_{int} = R_i + R_1 \parallel Z_{BT_1} \cong R_i = 200K;$

Impedanța de ieșire:  $Z_{ies} = R_6 \parallel Z_{CT_3} = R_6 = 2K.$

### S5.4 Problema 4

Se dau parametrii:

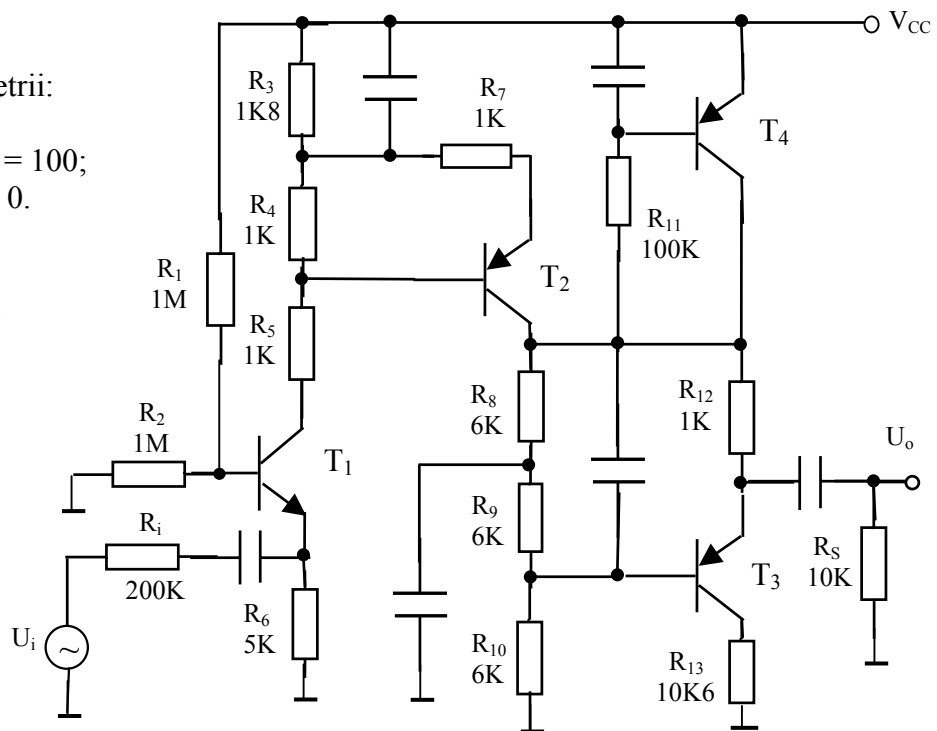
$$h_{11} = 1K; h_{21} = 100;$$

$$h_{12} = 0; h_{22} = 0.$$

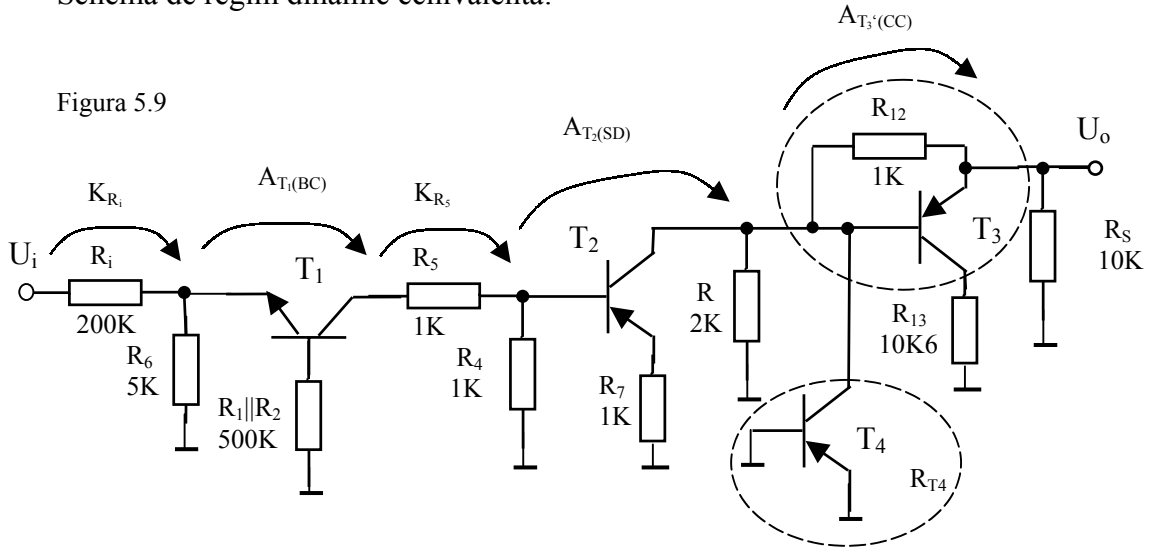
Se cer:

$$A_u, Z_{int}, Z_{ies}.$$

Figura 5.8



Schema de regim dinamic echivalentă:



$$R = R_8 \parallel R_9 \parallel R_{10} \parallel R_{11} = 2K, R_{T4} \rightarrow \infty \text{ (rezistență dinamică)}$$

Grupul format din tranzistorul  $T_3$  și rezistența  $R_{12}$  formează un tranzistor echivalent.

Parametrii tranzistorului echivalent  $(T_3, R_{12}) \rightarrow T'_3$  sunt următorii:

$$\begin{cases} h'_{11} = \frac{R_{12} \cdot h_{11}}{R_{12} + h_{11}} = \frac{1}{2} h_{11} \\ h'_{21} = \frac{R_{12}}{R_{12} + h_{11}} h_{21} = \frac{1}{2} h_{21} \end{cases}$$

Amplificarea de tensiune:  $A_U = \frac{U_0}{U_i} = K_{R_i} \cdot A_{T_1(BC)} \cdot K_{R_5} \cdot A_{T_2(SD)} \cdot A_{T_3'(CC)}$

$$K_{R_i} = \frac{R_6 \parallel Z_{ET_1}}{R_i + R_6 \parallel Z_{ET_1}}, \quad Z_{ET_1} = \frac{h_{11} + R_1 \parallel R_2}{h_{21} + 1} = 5K \quad \Longrightarrow \quad K_{R_i} \cong \frac{2,5}{200} = \frac{5}{400}$$

$$A_{T_1(BC)} = \frac{h_{21} \cdot R_{ST_1}}{R_1 \parallel R_2 + h_{11}} \cong \frac{2}{5}, \quad \text{unde } R_{ST_1} = R_5 + R_4 \parallel Z_{BT_2} \cong R_5 + R_4 = 2K$$

$$\text{iar } Z_{BT_2} = h_{11} + (h_{21} + 1) \cdot R_7 \gg R_4$$

$$K_{R_5} = \frac{R_4 \parallel Z_{BT_2}}{R_5 + R_4 \parallel Z_{BT_2}} = \frac{R_4}{R_4 + R_5} \cong \frac{1}{2},$$

$$A_{T_2(EC-SD)} = -\frac{h_{21} R_{ST_2}}{h_{11} + (h_{21} + 1) R_7} \cong -\frac{R_{ST_2}}{R_7} \cong -\frac{R}{R_7} = -2, \quad \text{unde } R_{ST_2} = R \parallel Z_{BT_3'} \cong R$$

$$\text{iar } Z_{BT_3'} = h'_{11} + (h'_{21} + 1) R_S \gg R$$

$$A_{T_3'(CC)} \cong 1$$

În final se obține:  $A_U = \frac{5}{400} \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot (-2) \cdot 1 = -\frac{1}{200}$

Impedanța de intrare:  $Z_{int} = R_i + R_6 \parallel Z_{ET_1} \cong 202K5$

Impedanța de ieșire:  $Z_{ies} = Z_{ET_3'} = \frac{h'_{11} + R \parallel Z_{CT_2}}{h'_{21} + 1} \cong \frac{2,5}{50} = 50\Omega$

## S5.5 Temă de casă