

## 5. Proiectarea corectorului de ton

### 5.1 Alegerea schemei

Controlul activ al tonului se efectuează, cel mai des, asupra frecvențelor *joase* și *înalte* și asigură ajustarea independentă a amplificării în zona frecvențelor joase și înalte ale domeniului de audiofrecvență. Un circuit utilizat frecvent are schema reprezentată în fig. 5.1, a. Răspunsul în frecvență are aspectul din fig. 5.1, b.

În domeniul frecvențelor joase din banda audio (20Hz...100Hz), condensatoarele schemei se consideră circuite deschise (gol), astfel că în circuitul de reacție intră numai cele două rezistoare  $R_{1a-4}$  și  $R_{1b-4}$  și rezistorul  $R_{2-4}$ . Circuitul reprezintă o configurație inversoare și se determină:

a) *Amplificarea și atenuarea circuitului la frecvențe joase:*

- *amplificarea maximă la frecvențe joase*, pentru cursorul potențiometrului  $R_{2-4}$  aflat în extrema stângă:

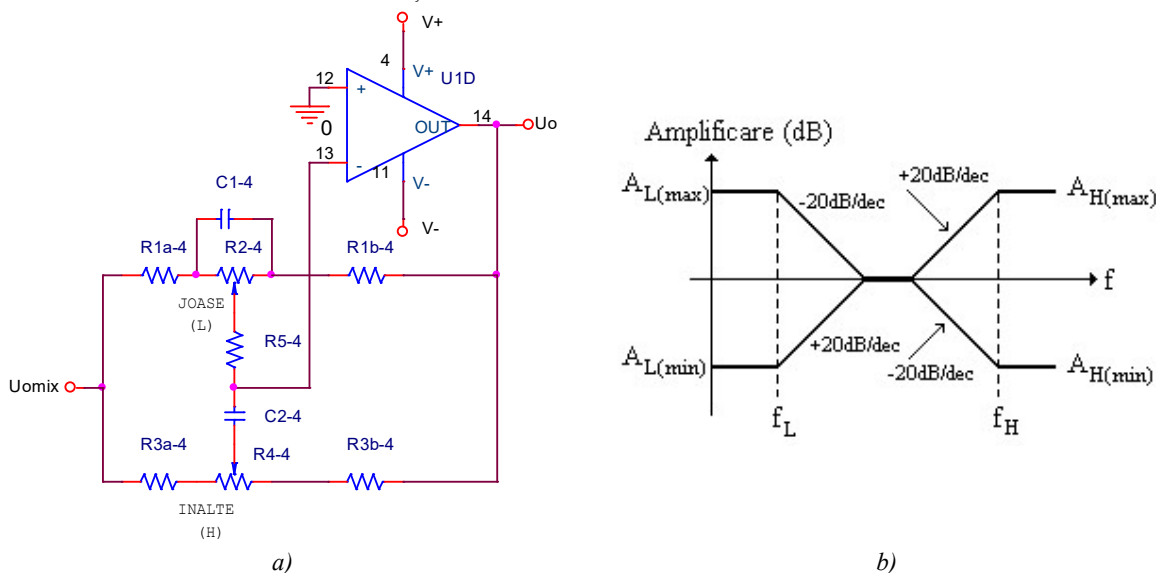
$$A_{L(max)} = \frac{R_{1b-4} + R_{2-4}}{R_{1a-4}} \quad (5.1)$$

unde  $R_{1a-4} = R_{1b-4}$ .

- *atenuarea maximă la frecvențe joase*, pentru cursorul potențiometrului  $R_{2-4}$  aflat în extrema dreaptă:

$$A_{L(min)} = \frac{R_{1b-4}}{R_{1a-4} + R_{2-4}} \quad (5.2)$$

Se poate considera că  $A_{L(max)}$  și  $A_{L(min)}$  nu depind semnificativ de amplificarea în buclă deschisă a AO deoarece domeniul de frecvențe unde se determină  $A_L$  se află sub 100Hz.



**Fig. 5.1.** Controlul activ al tonului pentru frecvențe joase și înalte:  
(a) Schema circuitului corector; (b) Răspunsul în frecvență

b) *Frecvența de frângere* a caracteristicii în zona frecvențelor joase, comună atât pentru amplificarea maximă cât și pentru atenuarea maximă, este:

$$f_L = \frac{1}{2\pi R_{2-4} C_{1-4}} \quad (5.3)$$

În domeniul frecvențelor înalte din banda audio (10kHz...15kHz), condensatoarele schemei se consideră scurtcircuit, iar rezistența  $R_{2-4}$  nu contează, fiind șuntat de condensatorul  $C_{1-4}$ . Aplicând echivalarea stea-triunghi pentru circuitul tip stea format din rezistoarele  $R_{1a-4}$ ,  $R_{1b-4}$  și  $R_{5-4}$  și punând condiția  $R_{4-4} \gg (R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4})$ ,  $R_{1-4} = R_{1a-4} = R_{1b-4}$  se pot determina:

c) *Amplificarea și atenuarea circuitului la frecvențe înalte:*

- *amplificarea maximă la frecvențe înalte*, pentru cursorul potențiometrului  $R_{4-4}$  aflat în extrema stângă:

$$A_{H(max)} \cong \frac{R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4}}{R_{3-4}} \quad (5.4)$$

- *atenuarea maximă la frecvențe înalte*, pentru cursorul potențiometrului  $R_{4-4}$  aflat în extrema dreaptă

$$A_{H(min)} \cong \frac{R_{3-4}}{R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4}} \quad (5.5)$$

d) *Frecvența de frângere* a caracteristicii în zona frecvențelor înalte, comună atât pentru amplificarea maximă cât și pentru atenuarea maximă, este:

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_{3-4} C_{2-4}}; R_{3-4} = R_{3a-4} = R_{3b-4} \quad (5.6)$$

**Observație:** Corectorul de ton fiind un circuit de tip inversor, impedanța de intrare este determinată de elementele de circuit conectate în serie cu intrarea inversoare a AO, între care se află și potențiometrele  $R_{2-4}$  și  $R_{4-4}$ . Impedanța de intrare depinde de poziția cursoarelor potențiometrelor și de frecvența semnalului prelucrat. Pentru ca circuitul din lanțul audio, conectat în amonte de corectorul de ton, să nu fie influențat negativ de această variație de impedanță, se pot lua următoarele măsuri:

- la intrarea corectorului de ton se conectează un circuit repetor, realizat tot cu un AO sau
- semnalul de intrare în corector se culege de la ieșirea unui circuit cu impedanță de ieșire foarte mică (circuit realizat cu AO).

## 5.2 Dimensionarea rezistențelor și a condensatoarelor

Câștigul de 20dB corespunde la o amplificare de 10V/V (adică de 10 ori). Rezultă

- conform relației (5.1):

$$A_{L(max)} = \frac{R_{1-4} + R_{2-4}}{R_{1-4}} = 10 \quad (5.7)$$

- și conform relației (5.4):

$$A_{H(max)} \cong \frac{R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4}}{R_{3-4}} = 10 \quad (5.8)$$

Tipic, se alege pentru  $R_{2-4}$  un potențiometru de 100kΩ [6].

Din relația (5.7) se calculează  $R_{1a-4}$  și  $R_{1b-4}$ , considerând  $R_{1a-4} = R_{1b-4} = R_{1-4}$ :

$$R_{1-4} = \frac{R_{2-4}}{9} \quad (5.9)$$

Pentru a avea cât mai puține valori distincte de rezistențe, se alege:

$$R_{5-4} = R_{1-4} \quad (5.10)$$

Din relația (5.8) se calculează  $R_{3a-4}$  și  $R_{3b-4}$ , considerând  $R_{3a-4} = R_{3b-4} = R_{3-4}$

$$R_{3-4} = \frac{R_{1-4} + 2R_{5-4}}{9} \quad (5.11)$$

Pentru a se îndeplini condiția  $R_{4-4} \gg (R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4})$  se alege pentru  $R_{4-4}$  o valoare standard superioară celei rezultate din calcul:

$$R_{4-4} \geq 10 \times (R_{1-4} + R_{3-4} + 2R_{5-4}) \quad (5.12)$$

Condensatoarele  $C_{1-4}$  și  $C_{2-4}$  se dimensionează cu ajutorul relațiilor (5.13):

$$C_{1-4} = \frac{1}{2\pi R_{2-4} f_L} \quad (5.13a)$$

respectiv

$$C_{2-4} = \frac{1}{2\pi R_{3-4} f_H} \quad (5.13b)$$

și se aleg valorile standard cele mai apropiate [6].

### 5.3 Verificare prin simulare Spice

Se determină răspunsul în frecvență al circuitului.

Circuitul utilizat în simulare este reprezentat în fig. 5.2:

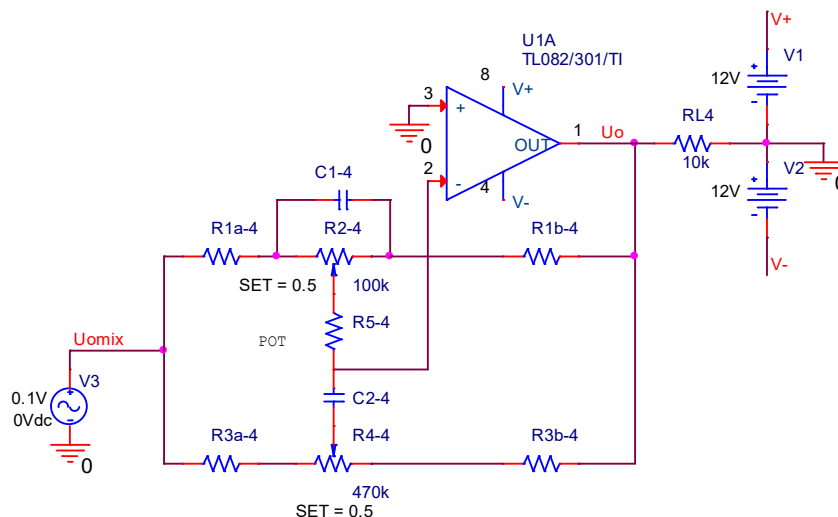


Fig. 5.2. Schema utilizată în simularea Spice a corectorului de ton

#### Indicații:

- La intrarea circuitului din fig. 5.2 se aplică semnal de la o sursă de c.a. (VAC, amplitudinea 0.1V) și se efectuează o analiză de c.a. (AC Sweep/Noise: Start Frequency=1, End Frequency=1Meg, Points/Decade=11).
- Se determină răspunsul în frecvență. Se reprezintă grafic  $DB(V(U_o)) - DB(V(U_{omix}))$  pentru 3 valori ale parametrului SET al potențiometrelor:
  - SET=0 la  $R_{2-4}$  și SET=1 la  $R_{4-4}$ ;
  - SET=1 la  $R_{2-4}$  și SET=0 la  $R_{4-4}$ ;
  - SET=0.5 la  $R_{2-4}$  și SET=0.5 la  $R_{4-4}$ .
- Se aduce în document fiecare caracteristică astfel obținută și se identifică la care situație corespunde (amplificare, atenuare sau fără efect).
- Se activează cursorul, se determină frecvențele  $f_L$  (cursorul 1) și  $f_H$  (cursorul 2) și ferestrele Probe Cursor se aduc în document.

SAU

- Se repetă circuitul corector de ton de 3 ori pe un singur desen, se ajustează parametrul SET al potențiometrelor ca mai sus și se reprezintă cele 3 curbe pe un singur grafic.