

1. Introducere

1.1 Tema proiectului

Să se proiecteze, să se verifice prin simulare SPICE și să se realizeze practic (opțional) un sistem analogic de prelucrare a semnalelor de audiofrecvență, alcătuit din:

- 2 preamplificatoare:
 - un preamplificator cu rezistență de intrare mare ($R_{in} > 1\text{M}\Omega$);
 - un preamplificator pentru semnal de pe bandă magnetică (circuit de corecție NAB) sau de la doză magnetică (circuit de corecție RIAA), conform datelor de proiectare;
- 1 mixer analogic cu 3 intrări:
 - o intrare pentru semnalul cules de la preamplificatorul cu rezistență de intrare mare;
 - o intrare pentru semnalul cules de la preamplificatorul pentru bandă magnetică sau doză magnetică;
 - o intrare directă, cu rezistență de intrare relativ mică ($10\text{k}\Omega$);
- un corector de ton pentru frecvențe joase și înalte sau un egalizor grafic.

1.2 Schema bloc

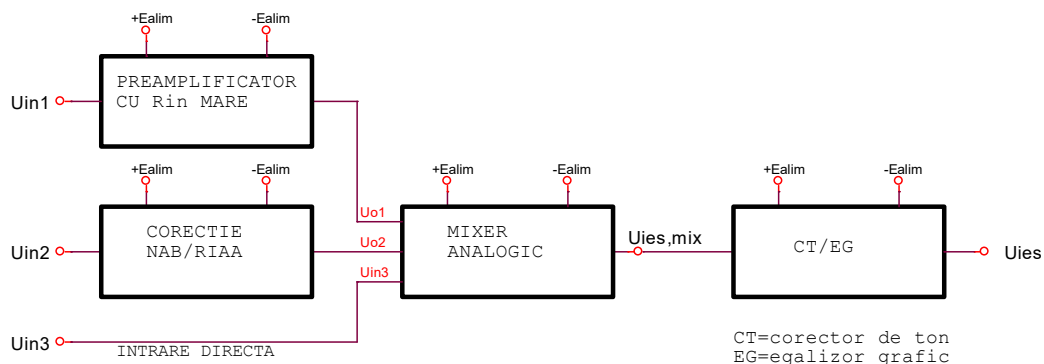


Fig. 1.1. Schema bloc a sistemului analogic de prelucrare a semnalelor de audiofrecvență

1.3 Datele de proiectare

- pentru preamplificatorul cu rezistență mare de intrare:
 - $R_{in,min} = \dots\dots\dots\text{M}\Omega$;
 - câștigul $G_1 = \dots\dots\dots\text{dB}$.
- pentru preamplificatorul de semnal de pe bandă magnetică (circuitul de corecție NAB):
 - câștigul $G_{2NAB} = \dots\dots\dots\text{dB}$;
 - frecvențele caracteristice: $f_1 = 3183\text{Hz}$, $f_2 = 50\text{Hz}$.
- pentru preamplificatorul de semnal de la doză magnetică (circuitul de corecție RIAA):
 - câștigul $G_{2RIAA} = \dots\dots\dots\text{dB}$;
 - frecvențele caracteristice: $f_1 = 500\text{Hz}$, $f_2 = 50\text{Hz}$, $f_3 = 2122\text{Hz}$.
- pentru mixerul analogic (circuitul sumator):
 - câștigul pe fiecare intrare $G_3 = 0$;
 - $R_{in,mix} = 10\text{k}\Omega$.
- pentru corectorul de ton:
 - câștigul $G_4 = \pm 20\text{dB}$;

- frecvențele caracteristice: $f_L = \dots\dots\dots$ Hz, $f_H = \dots\dots\dots$ kHz.
- pentru egalizorul grafic:
 - câștigul $G_5 = \pm 12\text{dB}$;
 - frecvențele caracteristice: $f_{0n} = \dots\dots\dots$ Hz, $n = 1 \dots 9$ (10), conform datelor de proiect
- frecvențele limită ale benzii de audiofrecvență: $f_i = 20\text{Hz}$, $f_s = 20\text{kHz}$
- amplitudinea semnalului de la ieșirea mixerului: $U_{ies,mix} = \dots\dots\dots$ V;
- alimentare: $\pm E_{alim} = 9 \dots 12\text{V}$.

1.4 Considerații privind alegerea amplificatoarelor operaționale

Conform [2, Capitolul 3] AO se alege după mai multe criterii.

1.4.1 Criteriul SR

AO trebuie să poată reda la ieșirea lui semnalul amplificat, fără a-i deteriora forma. Dacă AO nu poate urmări semnalul amplificat (AO este “leneș”, având viteza mică), atunci forma sinusoidală a semnalului de ieșire este transformată de AO într-o formă triunghiulară. Parametrul care caracterizează viteza de variație a semnalului de la ieșirea AO se numește *Slew Rate*, prescurtat *SR*.

Criteriul SR permite evaluarea *SR*-ului necesar pentru AO care va fi ales, după formula:

$$SR_{calc} = 2\pi f_s U_{ies} \quad (1.1)$$

unde

- $f_s = 20\text{kHz}$ reprezintă valoarea maximă a frecvenței semnalelor de audiofrecvență;
- U_{ies} – amplitudinea semnalului de la ieșirea ultimului AO unde amplitudinea semnalului este cea mai mare.

Pentru a simplifica proiectarea se presupune că semnalele U_{in1} , U_{in2} și U_{in3} au astfel de amplitudini încât tensiunea totală de la ieșirea etajului mixer are amplitudinea $U_{ies,mix}$ din datele de proiectare. În aceste condiții amplitudinea semnalului de la ieșirea ultimului AO, U_{ies} , valoare care impune parametrul *SR*, se determină astfel:

- Dacă se folosește EG – egalizor grafic, atunci:

$$U_{ies} = 4 \times U_{ies,mix} \quad (1.2)$$

- Dacă se folosește CT – corector de ton, atunci:

$$U_{ies} = 10 \times U_{ies,mix} \quad (1.3)$$

Se alege din foile de catalog AO care are $SR_{AO} \geq SR_{calc}$.

Observații:

1. Este avantajos să se utilizeze același tip de AO în toate etajele (se va verifica pe parcursul proiectării dacă acest lucru este posibil).
2. Rezistență diferențială de intrare de valoare mare este asigurată de AO cu TEC-J la intrare.

1.4.2 Criteriului rezistenței de intrare

Cunoscând din datele de proiectare $R_{in,min}$, AO ales trebuie să aibă rezistența de intrare diferențială, r_d mai mare decât $r_{d,calc}$:

$$r_{d,calc} = \frac{R_{in,min} \sqrt{1 + \left(\frac{f_s}{f_A}\right)^2}}{(1 + a_0 \cdot b_1) \sqrt{1 + \left(\frac{f_s}{f_A}\right)^2}} \quad (1.4)$$

unde

- factorul de reacție la circuitul neinversor este

$$b_1 = \frac{1}{A_1} = \frac{1}{\frac{G_1}{10^{20}}} \quad (1.5)$$

- $f_s = 20\text{kHz}$;
- a_0 este amplificarea în buclă deschisă a AO ales de proiectant (A_{vD});
- f_a este frecvența primului pol al AO, $f_a = \frac{f_u}{a_0}$;
- f_A este frecvența în buclă închisă a preamplificatorului cu R_{in} mare:

$$f_A = b_1 \times f_u \quad (1.6)$$

- f_u reprezintă frecvența la amplificarea unitară ($a_0=1$ adică la 0 dB) sau produsul amplificare-bandă (PAB), (B_1 sau Bandwidth sau Gain-bandwidth product).
- Se verifică la AO, ales după criteriul SR, dacă este satisfăcută și condiția $r_{d,AO} \geq r_{d,calc}$

Observație: parametrul r_d se poate întâlni în foile de catalog sub formele:

- r_i – Input resistance sau
- r_{id} - Differential input resistance.

1.5 Alimentarea AO

Amplificatoarele operaționale se alimentează, de regulă, cu tensiune dublă și simetrică (fig. 1.2):

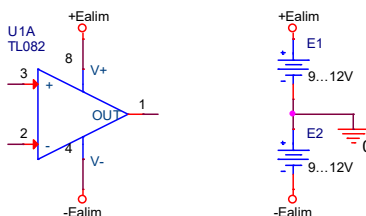


Fig. 1.2. Alimentarea amplificatoarelor operaționale

1.6 Influența offset-ului

Offset-ul sau decalajul semnalului de ieșire reprezintă o eroare de curent continuu. Ideal, dacă semnalul de la intrare este egal cu zero, atunci și cel de la ieșire ar trebui să fie egal tot cu zero. Din cauza nesimetriilor din etajul de intrare al AO real, când semnalul de la intrare este zero cel de ieșire este diferit de zero, având amplitudinea cu atât mai mare cu cât amplificarea circuitului este mai mare.

În cazul unui amplificator de curent alternativ, ca și cele din proiect, tensiunea de decalaj de la ieșire face ca semnalul de ieșire să nu varieze în jurul lui zero, ci în jurul valorii tensiunii de decalaj de la ieșire (fig. 1.3). Dacă amplitudinea semnalului de la ieșirea AO este mare, există pericolul limitării lui la alternanța pozitivă, așa cum se prezintă în fig. 1.3 sau la alternanța negativă, în funcție de polaritatea tensiunii de offset.

Parametrul de offset dat în catalog este tensiunea de intrare de offset, notată V_{IO} .

În cazul AO de tipul LM741, de exemplu, $V_{IO}=1 \dots 5$ mV, fără să fie specificat semnul acestei tensiuni (poate fi pozitivă sau negativă). Dacă amplificarea circuitului este egală cu 100, atunci semnalul de ieșire se va modifica în jurul valorii de +0,5V sau -0,5V, ceea ce, în cazul unor semnale de ieșire cu amplitudinea de 2...3V și alimentare egală cu $\pm 9 \dots \pm 12\text{V}$, nu introduce limitări excesive în excursia tensiunii de ieșire.

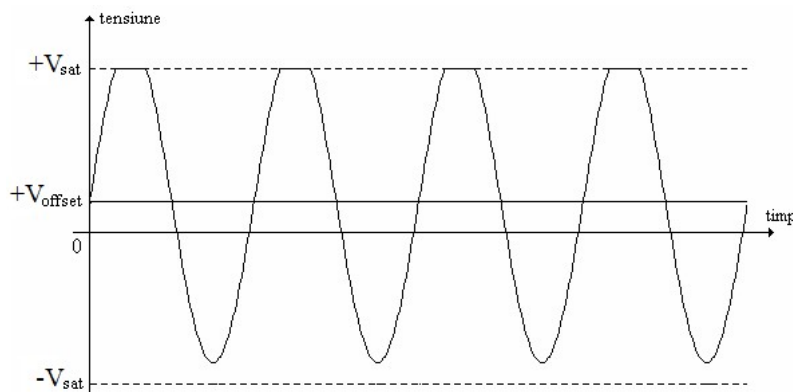


Fig. 1.3. Ilustrarea modului în care offset-ul reduce domeniul de variație a semnalului de ieșire

Influența tensiunii de decalaj se reduce în amplificatoarele de curent alternativ datorită condensatoarelor de cuplaj dintre etaje. Astfel se elimină componenta de c.c. din semnalul de intrare al fiecărui etaj, care poate să apară din cauza offset-ului etajului anterior, dar nu se elimină pericolul de limitare a semnalului de ieșire a fiecărui etaj, cauza fiind offset-ul propriu al AO din fiecare etaj (tensiunea de offset la ieșire, V_{offset}).

În concluzie, în cazul circuitelor din proiect se poate considera că offset-ul nu introduce erori semnificative. Se pot efectua calcule exacte în cazul fiecărui etaj.

1.7 Bibliografie

1. Pană, Gh. – *Indicații date la orele de proiect*, Universitatea “Transilvania”, Brașov.
2. Pană, Gh. – *Circuite integrate analogice, Îndrumar de proiectare*, Universitatea “Transilvania”, Brașov, 1999.
3. Pană, Gh. – *Amplificatoare operaționale. Aplicații*, Editura Tehnică, București, 2000.
4. Pană, Gh. – *Electronică analogică implementată cu AO*, Editura Universității “Transilvania”, Brașov, 2005.
5. Tudor, M. – *Spice*, Editura Teora, București, 1996.
6. *** – *Valori_standard_R_C_pot.docx*

Observație: pozițiile 2, 3, 4 și 6 se pot accesa pe <http://vega.unitbv.ro/~pana/>