# Introducere

## Tema proiectului

Să se proiecteze, să se verifice prin simulare SPICE şi 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 (*Rin*>1MΩ);
* 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 (10kΩ);
* un corector de ton pentru frecvențe joase şi înalte sau un egalizor grafic.

## Schema bloc



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

## Datele de proiectare

* pentru preamplificatorul cu rezistență mare de intrare:
  + Rin,min=300MΩ;
  + caștigul G1=20dB.
* pentru preamplificatorul de semnal de pe bandă magnetică (circuitul de corecție NAB):
  + câștigul G2NAB=……….dB;
  + frecvențele caracteristice: f1=3183Hz, f2=50Hz.
* pentru preamplificatorul de semnal de la doză magnetică (circuitul de corecție RIAA):
* câștigul G2RIAA=40dB;
* frecvențele caracteristice: f1=500Hz, f2=50Hz, f3=2122Hz.
* pentru mixerul analogic (circuitul sumator):
  + câștigul pe fiecare intrare G3=0…20,8dB, reglabil pentru toate intrările prin utilizarea unui singur potențiometru;
  + Rin,mix=10kΩ.
* pentru corectorul de ton:
  + câștigul G4=±20dB;
  + frecvențele caracteristice: fL=………. Hz, fH=………. kHz.
* pentru egalizorul grafic:
  + câștigul G5=±12dB;
  + frecvențele caracteristice: f0n= 50, 100, 200, 400, 800, 1.6k, 3.2k, 6.4k, 12.8k Hz, n=1…9 (10), conform datelor de proiect
* frecvențele limită ale benzii de audiofrecvență: fi=20Hz, fs=20kHz
* amplitudinea semnalului de la ieșirea mixerului: Uies,mix=1.4 V;
* alimentare: ±Ealim=9...12V.

## Considerații privind alegerea amplificatoarelor operaționale

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

### Criteriul SR

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

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

 (1.1)

unde

* fs=20kHz reprezintă valoarea maximă a frecvenței semnalelelor de audiofrecvență;
* Uies– amplitudinea semnalului de la ieşirea ultimului AO unde amplitudinea semnalului este cea mai mare.

Pentru a simplifica proiectarea se presupune că semnalele Uin1, Uin2 şi Uin3 au astfel de amplitudini încât tensiunea totală de la ieșirea etajului mixer are amplitudinea Uies,mix din datele de proiectare. În aceste condiții amplitudinea semnalului de la ieşirea ultimului AO, Uies, valoare care impune parametrul *SR*, se determină astfel:

* Dacă se folosește EG – egalizor grafic, atunci:

 (1.2)

Uies = 5.6V

SRcalc=703360

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

 (1.3)

Se alege din foile de catalog AO care are .

**Observații:**

1. Este avantajos să se utilizeze acelaşi 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.

### Criteriului rezistenței de intrare

Cunoscând din datele de proiectare Rin,min, AO ales trebuie să aibă rezistența de intrare diferențială, rd mai mare decât cea dată de relația următoare, rd,calc:

 (1.4)

unde

* factorul de reacție la circuitul neinversor este

 (1.5)

b1 = 1/10 = 0.1

* fs = 20kHz;
* a0este amplificarea în buclă deschisă a AO ales de proiectant (AvD);

a0 = 200

* fa este frecvența primului pol al AO, fa=fu/a0;

fa= 2x10^4

* fA este frecvența în buclă închisă a preamplificatorului cu Rin mare:

 (1.6)

fA= 0.4 MHz

* fu reprezintă frecvența la amplificare unitară (a0=1 adică la 0 dB) sau produsul amplificare-bandă (PAB), (B1 sau Bandwidth sau Gain-bandwidth product).

fu= 4MHz

rd,calc= 20142.857 x10^3

* Se verifică la AO, ales după criteriul SR, dacă este satisfăcută și condiția 

**Observație:** parametrul rd se poate întâlni în foile de catalog sub formele: ri – input resistance sau Input resistance sau rid Differential input resistance.

rd,calc< rd,AO

## Alimentarea AO

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



**Fig. 1.2.** *Alimentarea amplificatoarelor operaționale*

## Influența offset-ului

Offset-ul sau decalajul semnalului de ieşire reprezintă o eroare de curent continuu. Ideal, dacă semnalul de la intrare este egal cu zero, atunci şi cel de la ieşire 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 ieşire 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 şi cele din proiect, tensiunea de decalaj de la ieşire face ca semnalul de ieşire să nu varieze în jurul lui zero, ci în jurul valorii tensiunii de decalaj de la ieşire (fig. 1.3). Dacă amplitudinea semnalului de la ieşirea AO este mare, există pericolul limitării lui la alternanța pozitivă, aşa 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 VIO.

În cazul AO de tipul LM741, de exemplu, VIO=1…5 mV, fără să fie specificat semnul acestei tensiuni (poate fi pozitivă sau negativă). Dacă amplificarea circuitului este egală cu 100, atunci semnalul de ieşire se va modifica în jurul valorii de +0,5V sau –0,5V, ceea ce, în cazul unor semnale de ieşire cu amplitudinea de 2...3V şi alimentare egală cu ±9...±12V, nu introduce limitări excesive în excursia tensiunii de ieşire.

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

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 ieşire a fiecărui etaj, cauza fiind offset-ul propriu al AO din fiecare etaj (tensiunea de offset la ieșire, Voffset).

In 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.

## Bibliografie

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

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