# 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=……….MΩ;
  + caștigul G1=……….dB.
* 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=……….dB;
* frecvențele caracteristice: f1=500Hz, f2=50Hz, f3=2122Hz.
* pentru mixerul analogic (circuitul sumator):
  + câștigul pe fiecare intrare G3=0;
  + 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=…….. 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=.......... 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)

* 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 **rd,calc**:

(1.4)

unde

* factorul de reacție la circuitul neinversor este

(1.5)

* **fs** = 20kHz;
* **a0**este amplificarea în buclă deschisă a AO ales de proiectant (AvD);
* **fa** este frecvența primului pol al AO, ;
* **fA** este frecvența în buclă închisă a preamplificatorului cu Rin mare:

(1.6)

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

## 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/>

O imagine care conține text

Descriere generată automat

O imagine care conține text

Descriere generată automat

# Proiectarea preamplificatorului cu impedanță mare de intrare

## Alegerea schemei

Rezistență mare de intrare se poate obține cu ajutorul configurației neinversoare din fig. 2.1, *a* sau cu ajutorul montajului repetor din fig. 2.1, *b*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | |
| *a)* | | *c)* |
| **Fig. 2.1.** *Preamplificator cu rezistență de intrare mare.*  *(a) Configurația neinversoare. (b) Montajul repetor* | | |

## Dimensionarea rezistențelor

* **Configurația neinversoare**

Din relația amplificării circuitului (amplificarea în buclă închisă)

(2.1)

cunoscând valoarea lui ***A*1** se determină raportul celor două rezistențe

(2.2)

Se alege pentru *R*2-1 o valoare standard în domeniul 10k…100kΩ şi rezultă valoarea lui *R*1-1.

(2.3)

* **Montajul repetor**

În cazul repetorului R1-1 lipseşte şi se consideră:

(2.4)

Se aleg valori standard în domeniul 10k…100kΩ.

Din referința [6] - *Valori\_standard\_R\_C\_pot.docx* se aleg valorile standard de rezistențe.

## Verificare prin simulare Spice

Se determină banda de frecvență a amplificatorului şi dependența de frecvență a rezistenței de intrare a montajului.

Deoarece circuitul reprezintă un amplificator de c.c. (adică poate amplifica şi c.c.), frecvența limită inferioară este zero şi trebuie determinată doar frecvența limită superioară ca frecvență la -3dB.

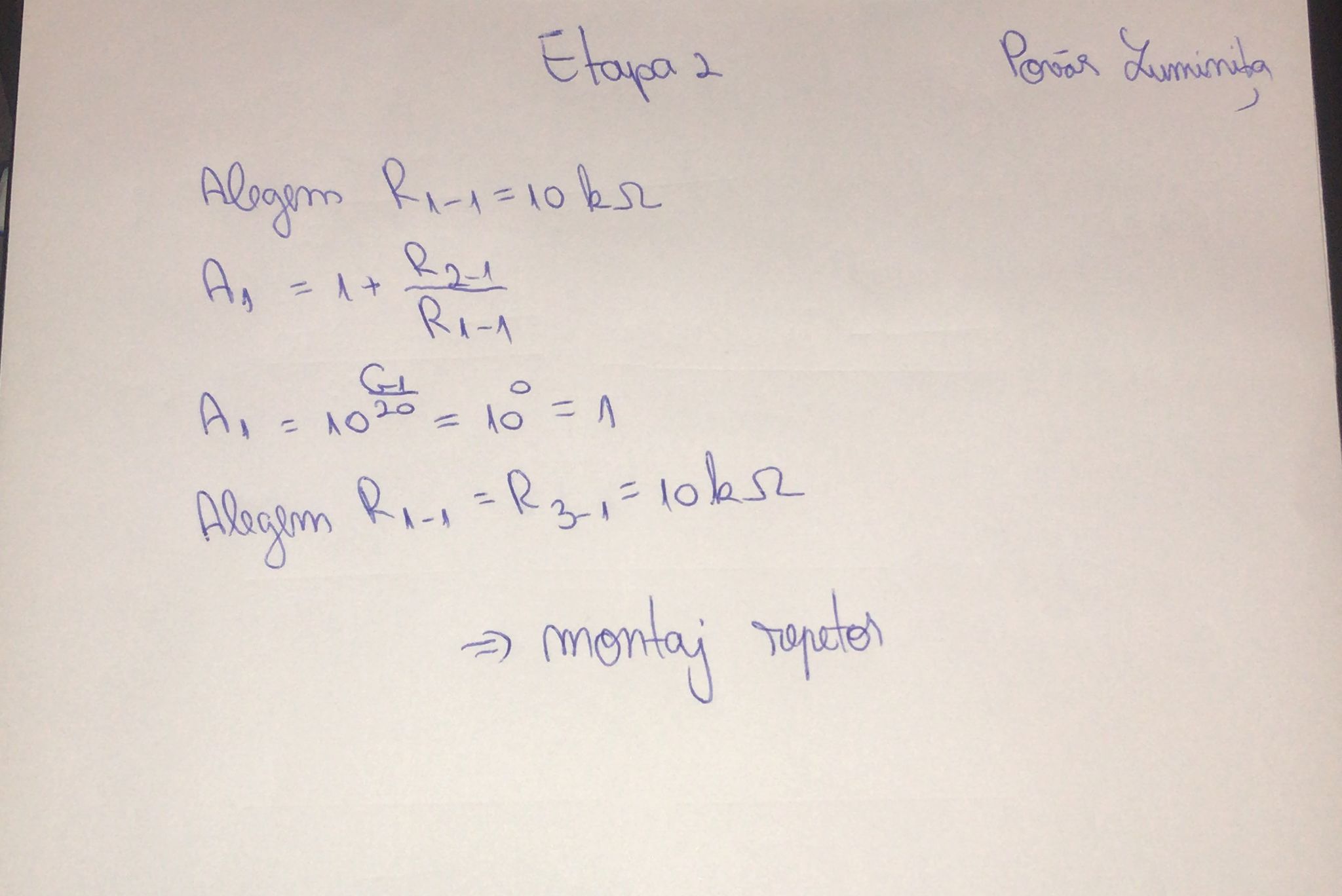
Schema folosită în simulare este reprezentată în fig. 2.2.



**Fig. 2.2.** *Schema folosită în simularea Spice*

Observație: în cazul repetorului se desenează schema potrivită (se șterg R1-1 și legătura la masă)!

|  |
| --- |
| Indicații:   * Fiecare student introduce propria schemă, cu valorile standard determinate prin calcul. * La intrarea circuitului din fig. 2.2 se aplică semnal de la o sursă de c.a. (VAC, amplitudinea 0,1V) şi se efectuează o analiză de c.a. (AC Sweep/Noise: Start Frequency=1, End Frequency=10Meg, Points/Decade=11). * Se determină răspunsul în frecvență. Se reprezintă grafic DB(V(Uo1)) - DB(V(Uin1)) * Se aduce în document caracteristica obținută. * Se activează cursorul, se determină frecvența limită superioară din fereastra Probe Cursor; * Fereastra Probe Cursor se aduce în document. * Se determină dependența dintre rezistența de intrare şi frecvență. Se reprezintă grafic V(Uin1)/I(R3-1). * Se deremină valoarea rezistenței de intrare la fs=20kHz din fereastra Probe Cursor. * Fereastra Probe Cursor se aduce în document. |



Raspunsul in frecventa



Frecventa limita superioara : f max

O imagine care conține text, cuvinte încrucișate, captură de ecran

Descriere generată automat

Dependenta dintre rezistenta de intrare si frecventa



O imagine care conține text, shoji, cuvinte încrucișate

Descriere generată automat

# Proiectarea preamplificatorului de doză magnetică (corecție RIAA)

## Alegerea schemei

Preamplificatorul de doză magnetică realizează o corecție *RIAA*.

Circuitele de corecție *RIAA* sunt preamplificatoare care au amplificarea dependentă de frecvență, astfel ca semnalul de la ieşire să aibă amplitudinea constantă pentru toate frecvențele din domeniul audio. Preamplificatoarele *RIAA* corectează semnalul înregistrat, deoarece la înregistrarea sunetului, semnalele din domeniul frecvențelor joase sunt atenuate iar cele din domeniul frecvențelor înalte sunt amplificate.

Răspunsul în frecvență corespunzător standardului *RIAA* (*Recording Industry Association of America*) are aspectul din fig. 3.1, *a*. **Amplificarea se specifică, de obicei, la frecvența de 1kHz**. În cazul caracteristicii din fig. 3.1, *a*, amplificarea la 1kHz este egală cu *G*2*RIAA*.

Un circuit capabil să asigure corecția *RIAA* se prezintă în fig. 4.1, *b*. Grupul *Rp*1 *Cp*1 de la intrare asigură adaptarea de impedanță cu traductorul (de exemplu, pentru doza magnetică *Rp*1=47kΩ iar *Cp*1=100pF). Condensatorul *C*1-2 se dimensionează astfel încât acesta să se poată considera scurtcircuit în toată banda audio şi să asigure un punct de frângere a caracteristicii de frecvență la fi=20Hz.

*a) Funcția de transfer* a circuitului este de forma , unde *Zr(jω)* reprezintă impedanța circuitului din bucla de reacție. Rezultă:

(3.1)

*b) Frecvențele de frângere* ale caracteristicii sunt:

(3.2,a)

(3.2,b)

(3.2,c)

|  |  |
| --- | --- |
| 3-2a |  |
| *a)* | *b)* |
| **Fig. 3.1.** *Corecția de frecvență RIAA: (a) Răspunsul în frecvență;*  *(b) Schema circuitului de corecție* | |

## Dimensionarea rezistențelor şi a condensatoarelor

Se consideră reactanța capacitivă a condensatorului *C*2-1 mult mai mică decât valoarea rezistenței *R*1-2.

Pentru *f*<*f*2 (fig. 3.2, *a*), caracteristica de frecvență se deplasează cu 20dB față de *G*2RIAA, câştigul devine *G*2RIAA+20dB şi din relația (3.1) se determină:

(3.3)

Relațiile (3.2) formează un sistem de trei ecuații cu patru necunoscute (rezistoarele *R*2-2 şi *R*3-2 şi condensatoarele *C*2-2 şi *C*3-2). **Pentru a rezolva sistemul se alege *C*2-2=10nF (valoare optimă)**.

Din relația (3.2,b) se determină valoarea lui *R*2-2:

(3.4)

şi se alege valoarea standard cea mai apropiată cu toleranța de 5%, eventual cu toleranța de 1% [2], [6].

Din relația (3.2,a) şi din (3.2,c) se obține:

(3.5)

Se alege valoarea standard cea mai apropiată celei rezultată din calcul, [6].

Valoarea lui *R*3-2 se determină din (3.2,c):

(3.6)

şi se alege valoarea standard cea mai apropiată cu toleranța de 5%, eventual cu toleranța de 1% [2], [6].

Din relația (3.3) se determină valoarea lui *R*21:

(3.7)

şi se alege valoarea standard cea mai apropiată cu toleranța de 5%, eventual cu toleranța de 1% [2], [6].

Valoarea condensatorului *C*1-2 se determină considerând că la frecvența inferioară din banda audio (fi=20Hz), reactanța capacitivă a lui *C*1-2 este mai mică decât rezistența *R*1-2. Rezultă:

(3.8)

Din [6] se alege valoarea standard cea mai apropiată, dar superioară, celei rezultată din calcul.

## Verificare prin simulare Spice

Se determină răspunsul în frecvență al circuitului.

Circuitul utilizat în simulare este reprezentat în fig. 3.2:



**Fig. 3.2.** *Schema utilizată în simularea Spice a circuitului de corecție RIAA*

|  |
| --- |
| Indicații:   * Fiecare student introduce propria schemă, cu valorile standard determinate prin calcul. * La intrarea circuitului din fig. 3.2 se aplică semnal de la o sursă de c.a. (VAC, amplitudinea 5mV) şi 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(Uo2)) - DB(V(Uin2)) * Ajustarea circuitului:   + Se determină maximul raspunsului în frecvență la frecvențe joase. Valoarea maximului trebuie să fie cât mai aproape de G2RIAA+20dB. În caz contrar se măreşte valoarea condensatorului C1-2, de cel mult 10 ori.   + La f=1kHz trebuie să se găsească un câştig egal cu G2RIAA.. * Se aduce în document caracteristica obținută pentru circuitul ajustat. * Se activează cursorul şi se aduc în document 3 ferestre Probe Cursor:   + prima fereastră pentru maxim la frecvențe joase (cursorul 1) şi la -3dB (cursorul 2) pentru determinarea frecvenței f2;   + a doua fereastră pentru 1kHz (cursorul 1) şi la +3dB (cursorul 2) pentru determinarea frecvenței f1;   + şi a treia fereastrăpentru 1kHz (cursorul 1) şi la -3dB (cursorul 2) pentru determinarea frecvenței f3. |

O imagine care conține text, tablă albă

Descriere generată automat

Raspunsul in frecventa



O imagine care conține text, shoji, captură de ecran

Descriere generată automat

Fereastra probe cursor ( pentru frecventa f2 = 50 Hz)

O imagine care conține text, cuvinte încrucișate, dulap, captură de ecran

Descriere generată automat

Fereastra probe cursor ( pentru frecventa f1 = 500 Hz)

O imagine care conține text, shoji, cuvinte încrucișate, captură de ecran

Descriere generată automat

Fereastra probe cursor ( pentru frecventa f3 = 2122 Hz)

O imagine care conține text, shoji, cuvinte încrucișate, captură de ecran

Descriere generată automat