

PROIECT SCIA 2024-2025

ELECTRONICĂ APLICATĂ ROMÂNĂ

AN 3

GRUPA 2131

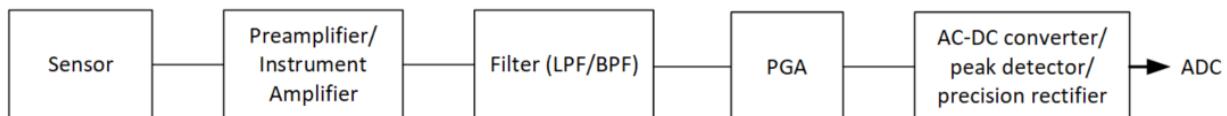
Adina Ioana Costea

CUPRINS

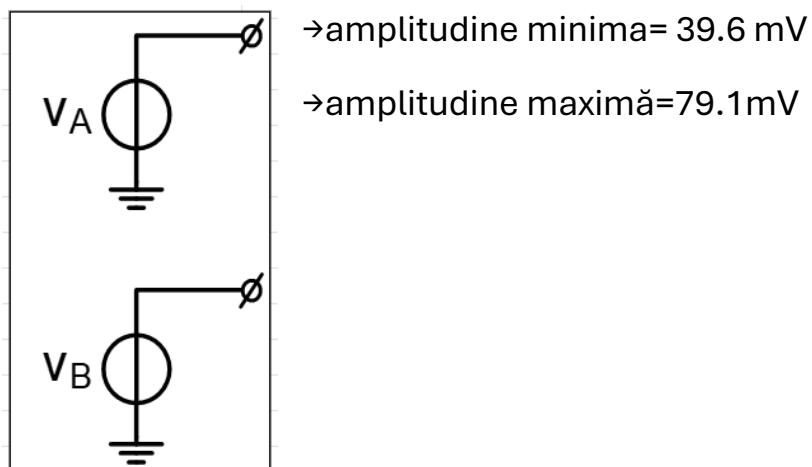
1.TEMATICA PROIECTULUI.....	2
2.DIMENSIONAREA ȘI CARACTERIZAREA ETAJELOR	4
2.1 ETAJUL 1.....	4
2.1.1. DIMENSIONAREA ETAJULUI 1.....	4
2.1.2. CARACTERIZAREA ETAJULUI 1.....	5
2.2 ETAJUL 2.....	14
2.2.1. DIMENSIONAREA ETAJULUI 2.....	14
2.2.2. CARACTERIZAREA ETAJULUI 2.....	15
2.3 ETAJUL 3.....	18
2.3.1. DIMENSIONAREA ETAJULUI 3.....	18
2.3.2. CARACTERIZAREA ETAJULUI 3.....	21
2.4 ETAJUL 4.....	28
2.4.1. DIMENSIONAREA ETAJULUI 4.....	28
2.4.2. CARACTERIZAREA ETAJULUI 4.....	30
3.VERIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA INTERFEȚEI ANALOGICE....	32
4.CONCLUZII.....	49

1.TEMATICA PROIECTULUI

Proiectarea unei interfețe analogice formate din următoarele blocuri conectate în cascadă.

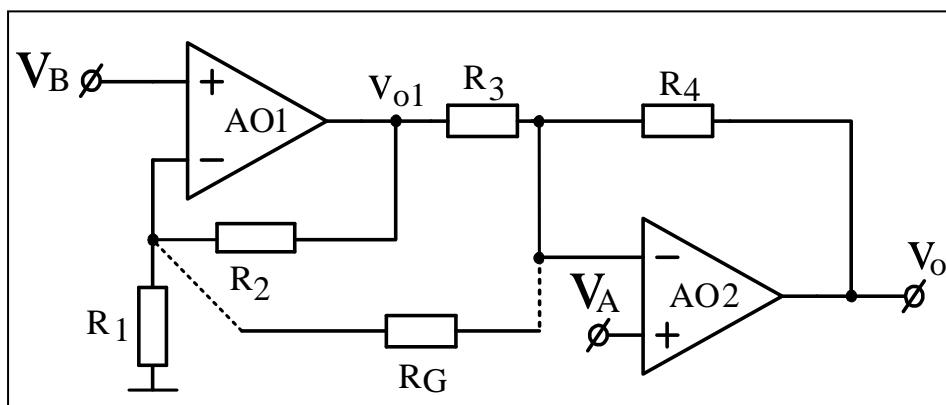


Sursa de semnal



Etaj 1 → Al cu 2AO neinversor, intrari V

→ Câștig=10



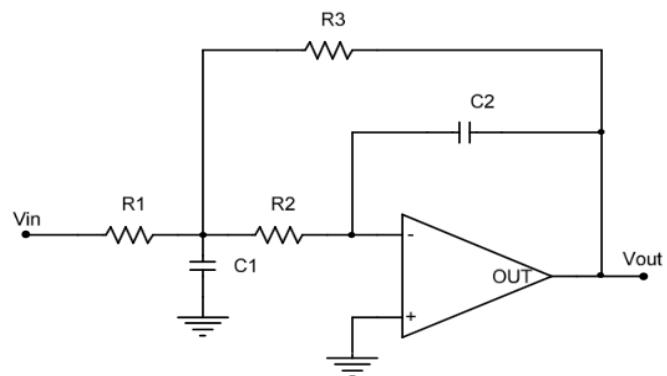
Etaj 2 → FTJ Rauch

$$\rightarrow H_0 = 1$$

$$\rightarrow R_{in_min} = 1k\Omega$$

$$\rightarrow BW = 8\text{kHz}$$

$$\rightarrow Q=1$$

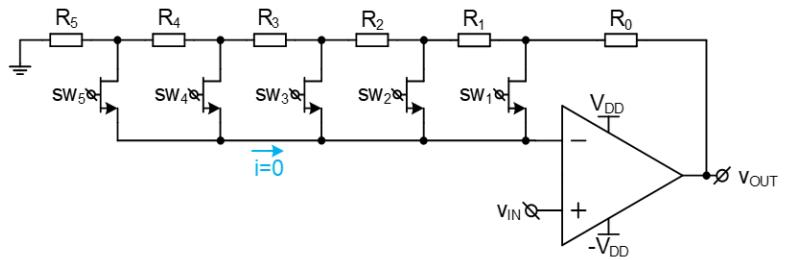


Etaj 3 → Câştig minim=10 Db

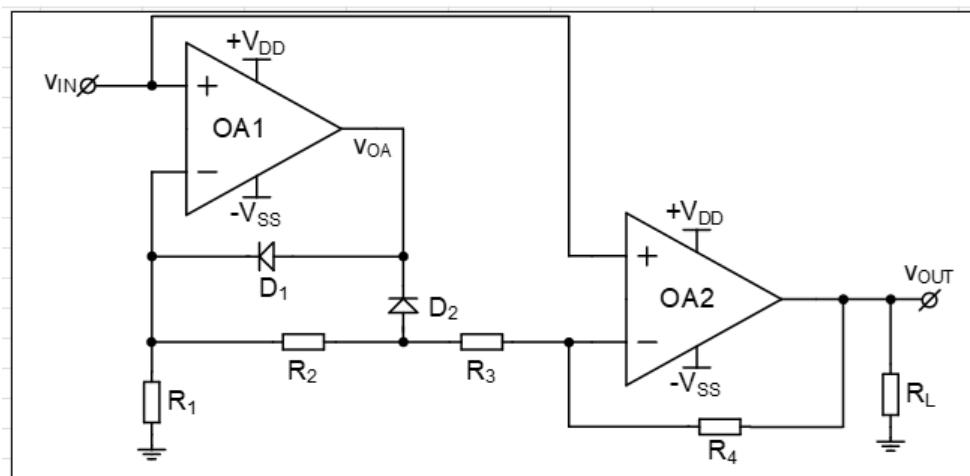
$$\rightarrow \text{pas minim}=2$$

$$\rightarrow \text{număr de pași}=4$$

$$\rightarrow \text{câştig maxim}=16$$



Etaj 4 → Câştig=1



2. DIMENSIONAREA ȘI CARACTERIZAREA ETAJELOR

2.1 ETAJUL 1

2.1.1 DIMENSIONAREA ETAJULUI 1

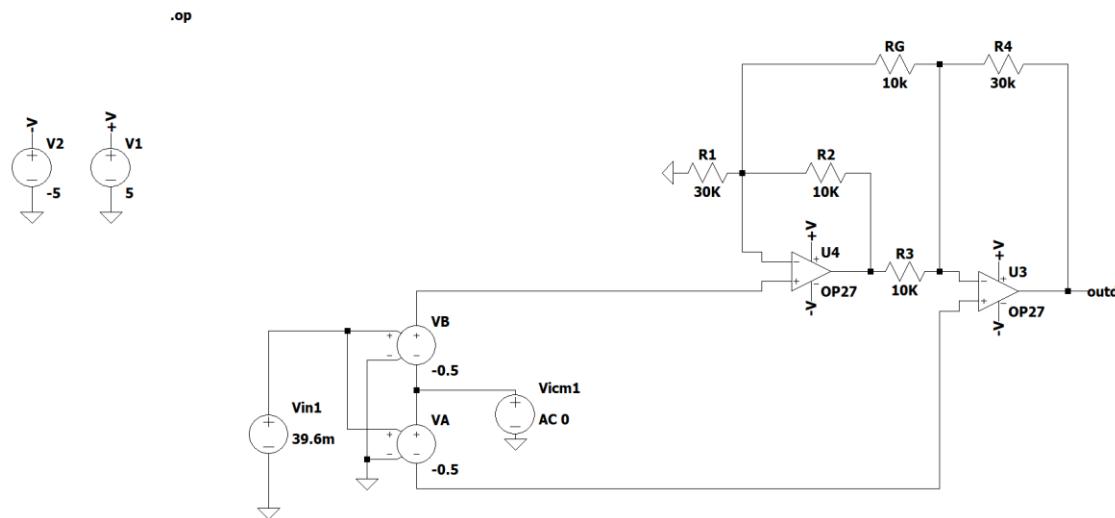


Figura 1. Al cu 2 AO neinversor

Dimensionarea rezistențelor primului etaj au fost dimensionate folosind următoarele formule de calcul:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{2R_4}{R_G}\right) (V_A - V_B) \quad (1.1)$$

Se stabilește că:

$$R_2 = R_3$$

$$R_1 = R_4$$

Ținând cont că câștigul primului etaj este 10 vom dimensiona rezistențele folosind relația (1.1).

$$\left(1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{2R_4}{R_G}\right) = 10 \Rightarrow \frac{R_4}{R_3} + \frac{2R_4}{R_G} = 9 \Rightarrow Alegem R_4 = 30 \text{ k}\Omega \text{ și } R_3 = 10 \text{ k}\Omega$$

În urma calculelor obținem $R_G = 10\text{k}\Omega$

2.1.2 CARACTERIZAREA ETAJULUI 1

Deoarece a fost folosită seria standardizată de rezistențe E6(20%), rezistențele $R_4 = R_1 = 30k\Omega$ au fost înlocuite cu 2 rezistențe serie de $15k\Omega$.

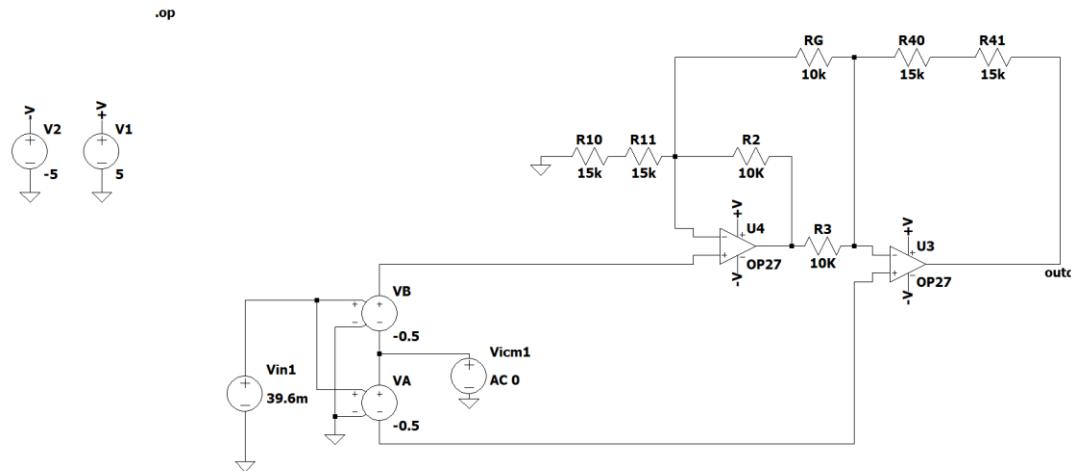


Figura 2. AI cu 2 AO neinversor (E6)

Pentru a demonstra funcționalitatea circuitului au fost realizate următoarele simulări: Punct static de funcționare(DCOP), Câștig la joasă frecvență(AC), banda > banda filtru, CMRR, PSRR, Transient(SR>specs), Transient(liniaritate).

Punct static de funcționare(DCOP)

--- Operating Point ---		
V(+v) :	5	voltage
V(-v) :	-5	voltage
V(n005) :	-0.0659998	voltage
V(n001) :	-0.0198	voltage
V(n004) :	-0.00989999	voltage
V(n002) :	0.0197998	voltage
V(n003) :	0.207899	voltage
V(n008) :	0.0396	voltage
V(n006) :	-0.0198	voltage
V(n009) :	0	voltage
V(n007) :	0.0198	voltage
V(outd) :	0.395998	voltage

În urma analizei punctului static de funcționare putem observa că tensiunea de intrare (39.6mV) este amplificată cu câștigul dat de etajul de amplificare.

$$V(\text{outd}) = 0.3959V$$

Figura 3. PSF

Compensare/ajustare nivel DC la ieșire

Vin1 a fost pasivizat și a fost rulată o analiză DCOP

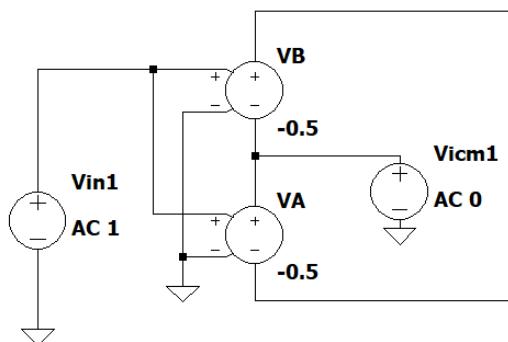
V(+v) :	5	voltage
V(-v) :	-5	voltage
V(n005) :	0	voltage
V(n001) :	0	voltage
V(n004) :	0	voltage
V(n002) :	0	voltage
V(n003) :	0	voltage
V(n006) :	0	voltage
V(n008) :	0	voltage
V(n007) :	0	voltage
V(outd) :	0	voltage

Figura 3.1. DCOP

În Figura 3.1 se poate observa ca nu avem eroare la ieșire, în concluzie nu este necesara compensarea nivelului DC la ieșire.

Câștig la joasă frecvență(AC)

La intrarea circuitului a fost conectat o sursă AC 1.



Type of sweep:	Decade
Number of points per decade:	100
Start frequency:	.01
Stop frequency:	10Meg

Rezultatul simulării:

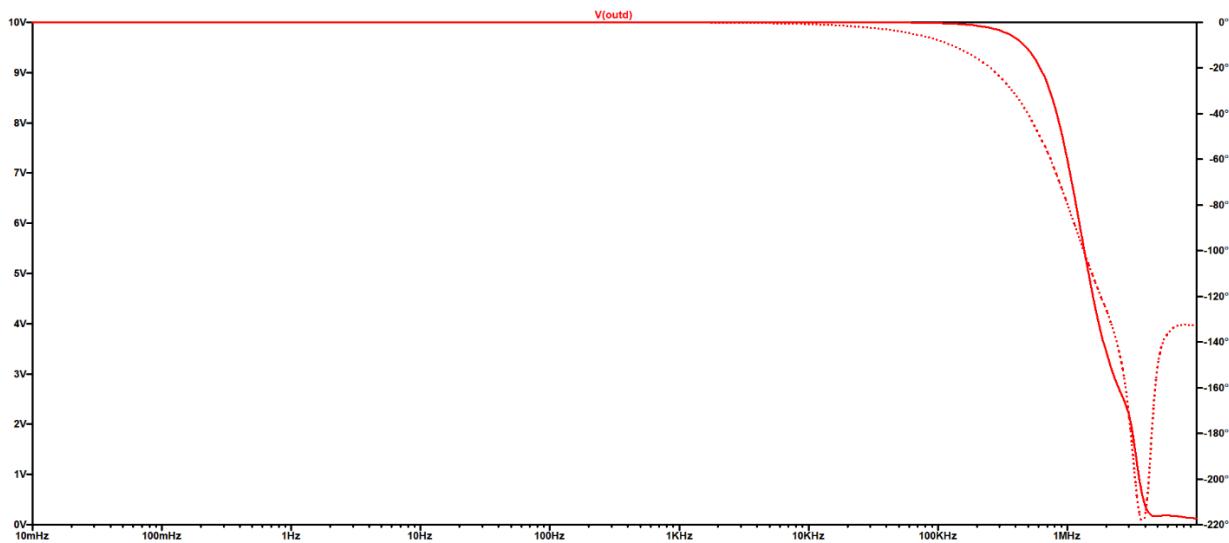


Figura 4 . Simulare AC

Analiza AC are rolul de a evalua comportamentul în frecvență al unui circuit electronic pentru a înțelege răspunsul circuitului la diferite frecvențe.

Banda >Banda filtrului

Pentru a afla banda (BW) s-a realizat o analiză AC.

Banda a fost măsurată la -3dB.

Banda filtrului este de 8 KHz, iar banda măsurată este 1.0258852MHz

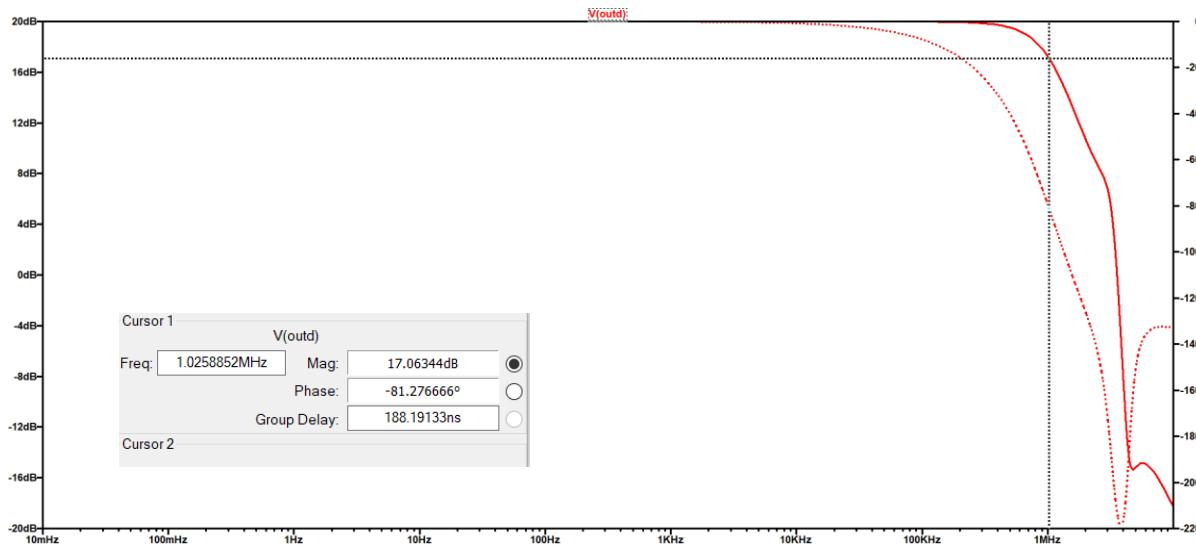


Figura 5 . Măsurarea benzii AO

CMRR

CMRR=variația tensiunii de dezechilibru datorată modificării tensiunii de intrare de mod comun.

Pentru determinarea CMRR la intrarea circuitului este aplicată o tensiune de mod comun AC 1.

După modificările aduse circuitul arată astfel:

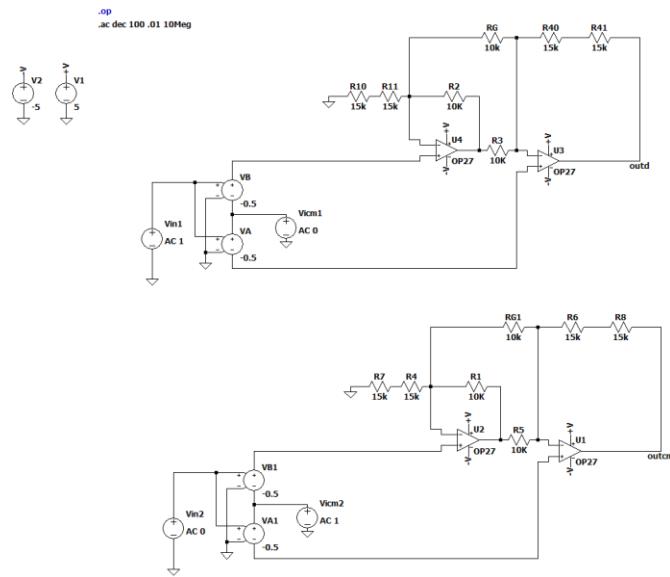


Figura 6 . Implementarea în circuit a tensiunii VICM

Rezultatul simulării:

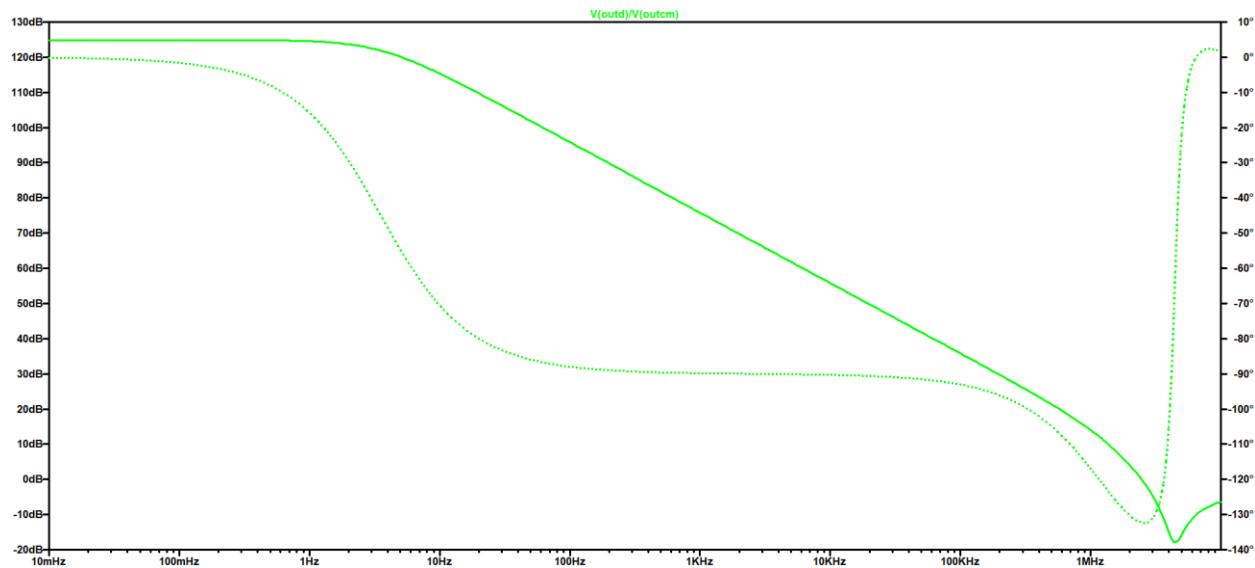


Figura . CMRR

CMRR se măsoară la joasă frecvență.

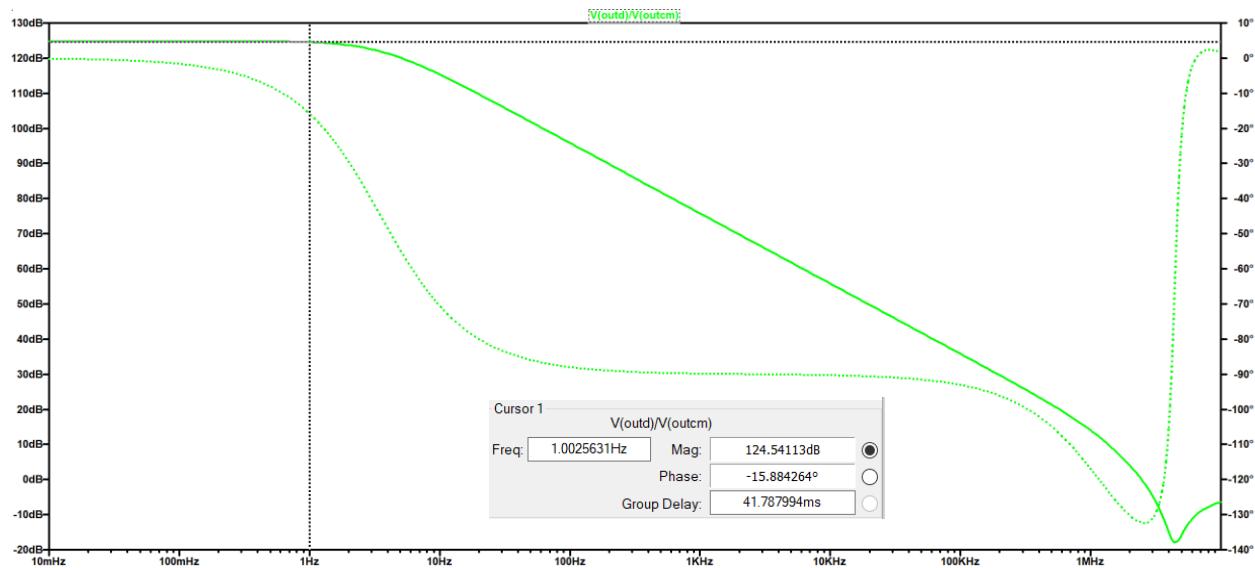


Figura 7. Măsurare CMRR

PSRR

PSRR=variația tensiunii de dezechilibru datorată modificării tensiunii de alimentare.

Pentru determinarea PSRR se va utiliza circuitul din Figura 8.

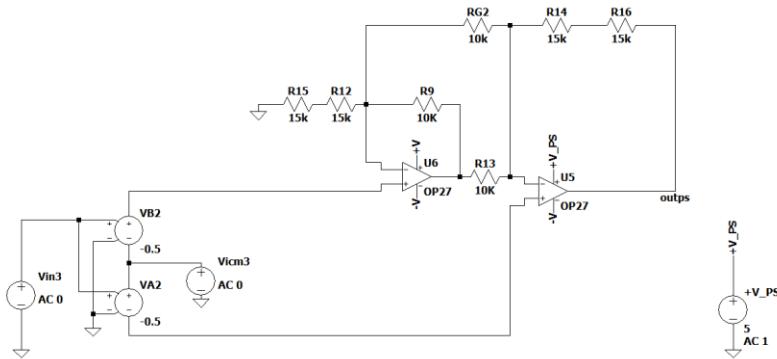


Figura 8. Circuit PSRR

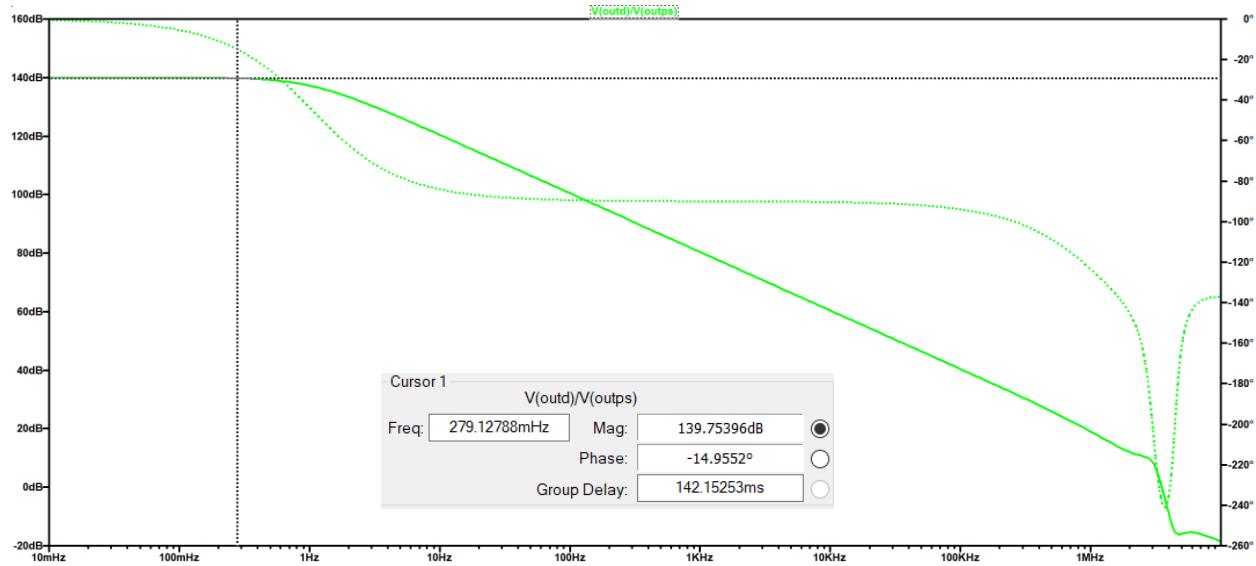


Figura 9 . Măsurare PSRR

Transient : SR>specificații

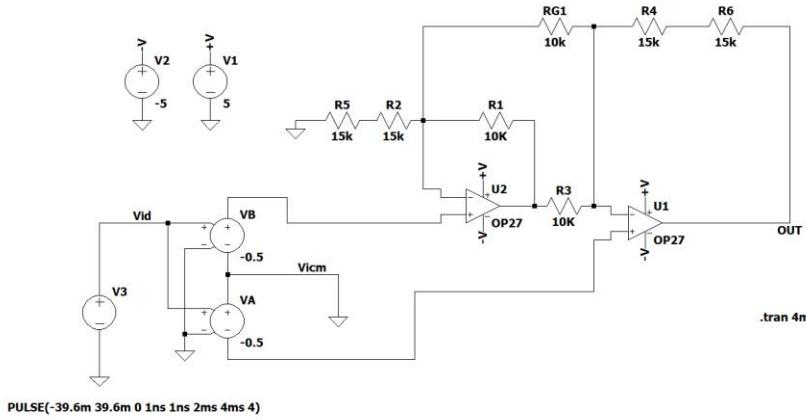


Figura 10. Circuit pentru determinare SR

Slew-Rate(SR)= viteza maximă de variație a semnalului la ieșirea AO.

$$SR = \left(\frac{dV_{out}}{dt} \right)_{MAX} \quad (1.3)$$

La intrarea circuitului se aplică un semnal PULSE:

Vinitial[V]:	-39.6m
Von[V]:	39.6m
Tdelay[s]:	0
Trise[s]:	1ns
Tfall[s]:	1ns
Ton[s]:	2ms
Tperiod[s]:	4ms
Ncycles:	4

Figura 11. Semnal de intrare PULSE

Pentru determinarea Slew Rate (SR), se măsoara rata de creștere maximă a tensiunii de ieșire a unui amplificator atunci când semnalul de intrare produce

o tranziție rapidă. Se măsoara timpul la care ieșirea atinge 10% și 90% din valoarea de vârf a tensiunii de ieșire.

$$10\% \text{ } 792 \text{ mV} = 79.2 \text{ mV}$$

$$396 \text{ mV} - 79.2 \text{ mV} = 316.8 \text{ mV} (90\%)$$

$$-396 \text{ mV} + 79.2 \text{ mV} = -316.8 \text{ mV} (10\%)$$

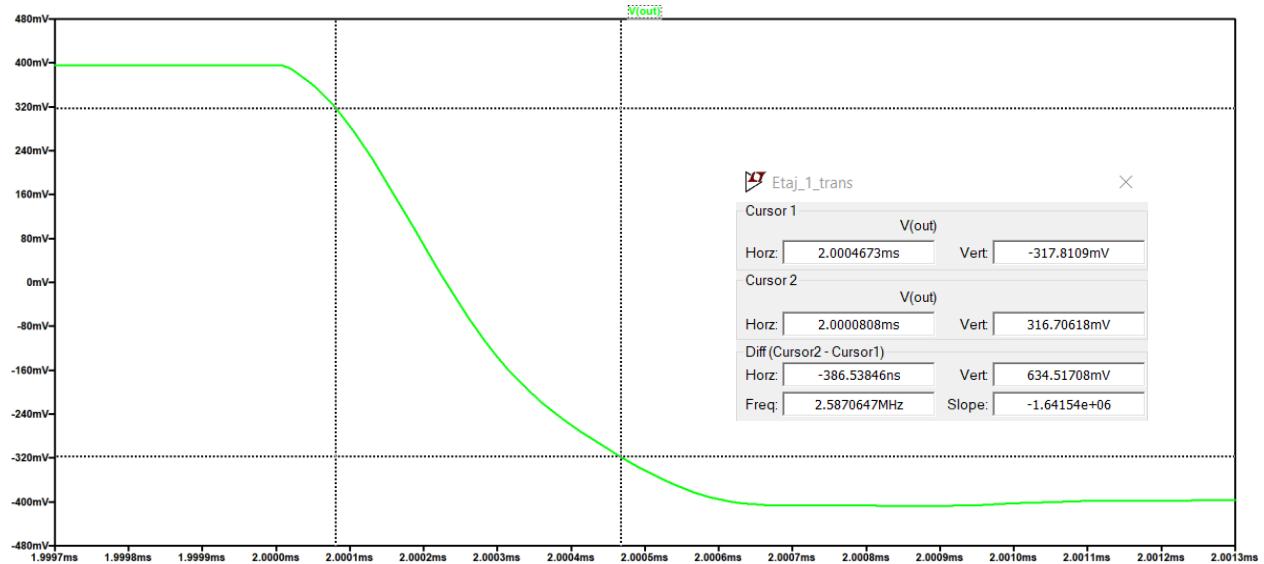


Figura 12. Măsurare SR

Se poate observa din Figura că $SR=1.64154 \text{ V}/\mu\text{s}$.

Liniaritate > specs(pentru THD<1%)

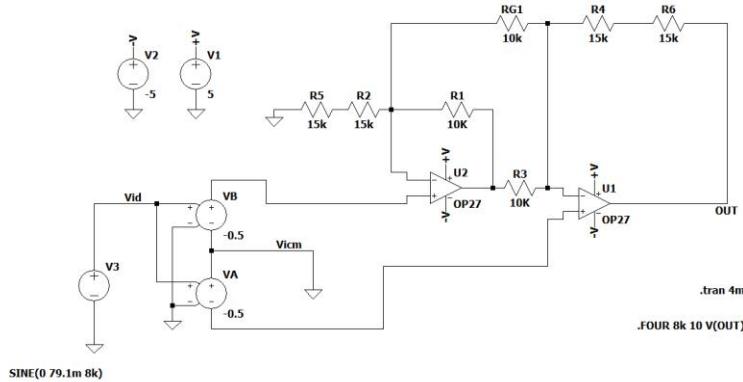


Figura 13. Circuit THD

THD(Total Harmonic Distortion)=distorsiunea armonică totală.Este o măsură a gradului de distorsiune a unui semnal cauzată de armonicile care nu fac parte din semnalul original.

THD indică proporția distorsiunii datorată armonicilor în raport cu semnalul fundamental.

Pentru determinarea THD se va utiliza o simulare a analizei Fouier(.FOUR 8k 10 V(OUT)) și o analiză transient.

Rezultatul simulării:

```
Partial Harmonic Distortion: 0.276220%
Total Harmonic Distortion: 0.308533%
```

Figura 14. THD

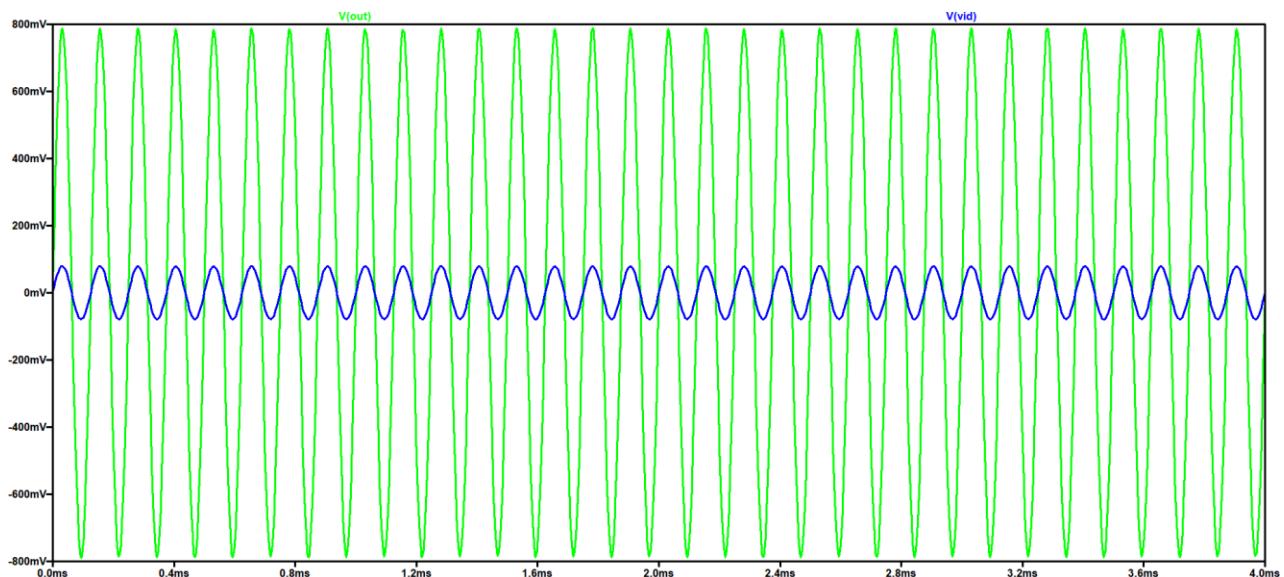


Figura 15 . Simulare THD

2.2. ETAJUL 2

2.2.1 DIMENSIONAREA ETAJULUI 2

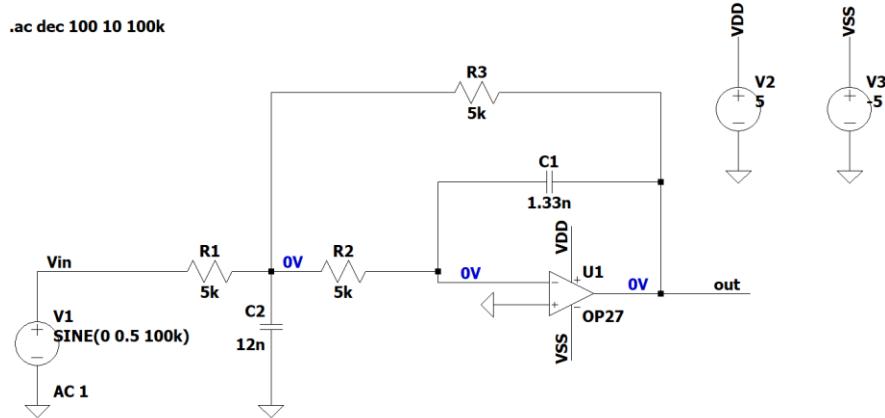


Figura 16. FTJ Rauch

Pentru dimensionarea circuitului din Figura 2 au fost folosite următoarele formule de calcul și strategii de dimensionare:

$$R1=R2=R3=R \Rightarrow H_0 = 1; \omega_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1 C_2}}; Q = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \quad (1.2)$$

$$C_1 = \frac{3Q}{\omega_0 R}; C_2 = \frac{C_1}{9Q^2} = \frac{1}{3Q\omega_0 R}.$$

Valoarea rezistențelor a fost setată la $5 k\Omega$

Ținând cont că $H_0 = 1$, $Q = 1$ și $BW = 8k \Rightarrow C_1 = 1.33nF$ și $C_2 = 12nF$.

2.2.2 CARACTERIZAREA ETAJULUI 2

Pentru a demonstra funcționalitatea circuitului au fost realizate următoarele simulări:Punct static de funcționare(DCOP),Câștig în banda de trecere=specs,banda=specs,Transient(liniaritate).

Punct static de funcționare(DCOP)

```
|      --- Operating Point ---  
V(out) :      -0.790999    voltage  
V(n002) :      3.39141e-07  voltage  
V(n001) :      3.39423e-07  voltage  
V(vin) :       0.791      voltage  
V(vdd) :        5          voltage  
V(vss) :       -5          voltage  
I(C1) :      -1.05203e-21  device_current  
I(C2) :      -4.07308e-27  device_current  
I(R1) :      -0.0001582   device_current  
I(R2) :      -5.658e-14   device_current  
I(R3) :      -0.0001582   device_current  
I(V1) :      -0.0001582   device_current  
I(V2) :      -0.00239162  device_current  
I(V3) :       0.00254982  device_current  
Ix(u1:1) :     -5.65234e-14 subckt_current  
Ix(u1:2) :      5.65799e-14 subckt_current  
Ix(u1:3) :      0.00239162 subckt_current  
Ix(u1:4) :     -0.00254982 subckt_current  
Ix(u1:5) :      0.0001582  subckt_current
```

Figura 17. PSF FTJ Rauch

Câștig în banda de trecere=specs

Câștigul în banda de trecere, H_0 ,se măsoară în zona în care câștigul este aproape constant,la joasă frecvență.

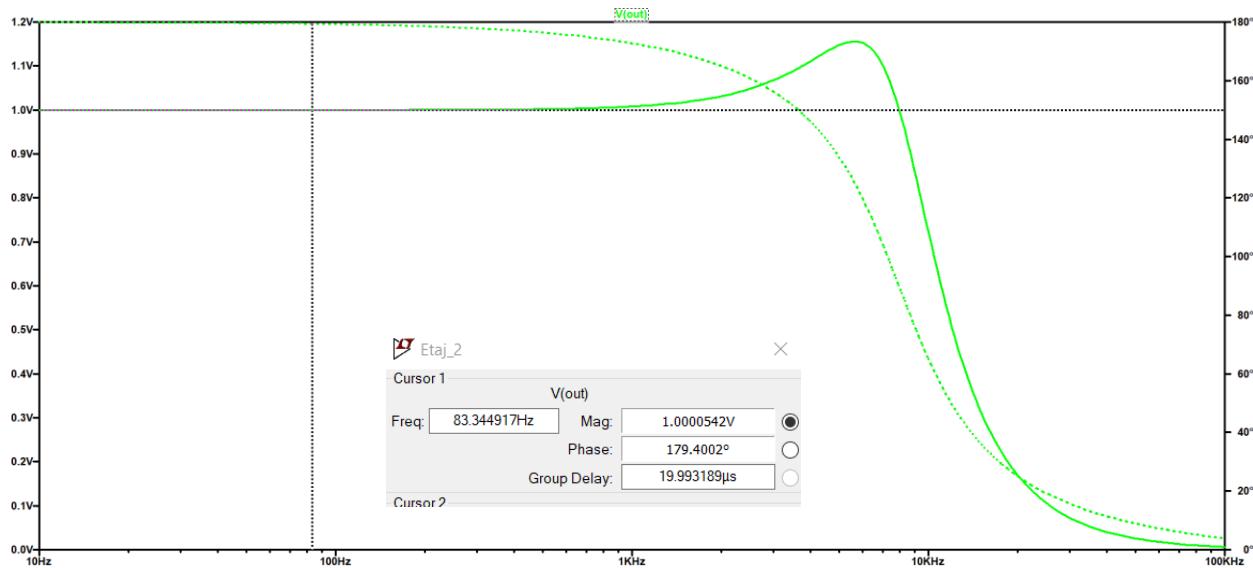


Figura 18. Măsurarea câştigului în banda de trecere

Din Figura 18 se poate observa că valoarea câştigului măsurat este aproximativ egală cu cea a câştigului din specificații.

Banda= specs

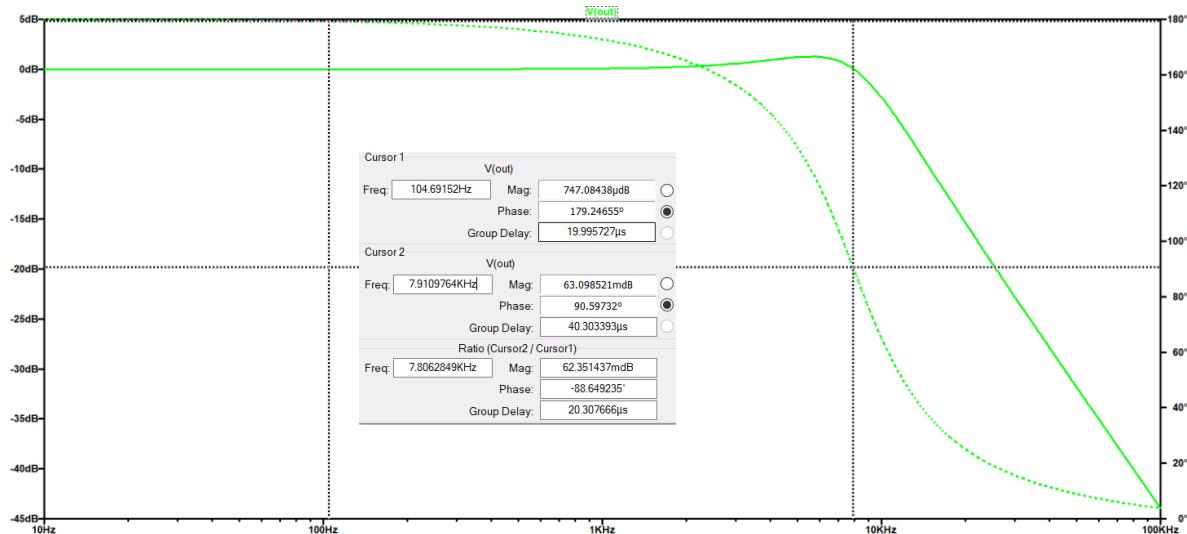


Figura 19. Măsurarea benzii

$$BW = 7.9108 \text{ KHz} \approx 8 \text{ KHz}$$

În Figura 19 se poate observa că dimensiunea benzii măsurate este aproximativ egală cu cea a benzii din specificații → circuitul este funcțional.

Transient(liniaritate)

Pentru demonstrarea liniarității circuitului se va rula o simulare transient cu analiză Fourier (Figura 20).

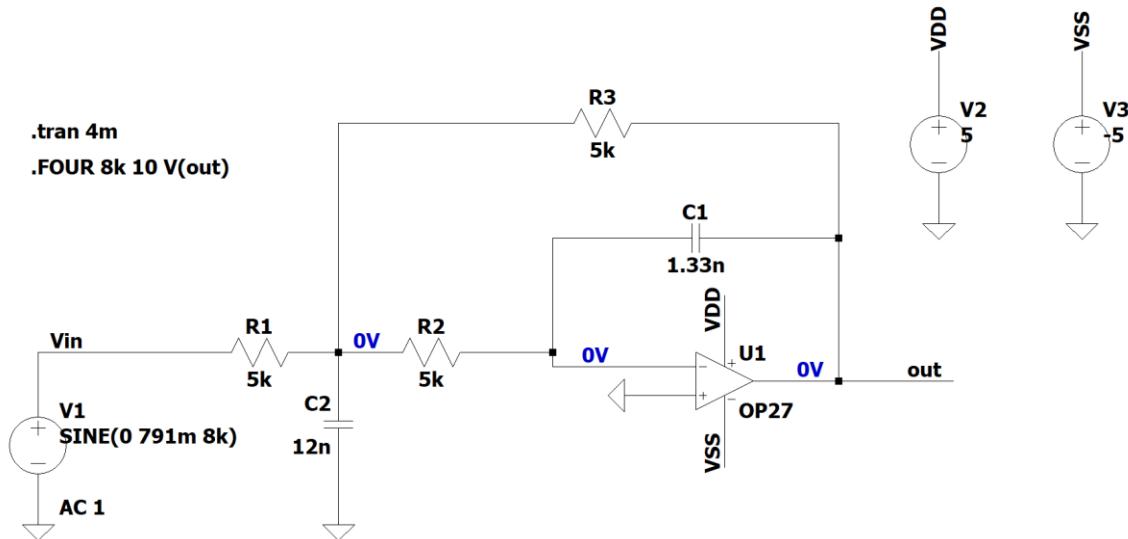


Figura 20. Circuit pentru demonstrarea liniarității

Partial Harmonic Distortion: 0.112254%
Total Harmonic Distortion: 0.216370%

Figura 21.THD

2.3. EТАJUL 3

2.3.1 DIMENSIONAREA EТАJULUI 3

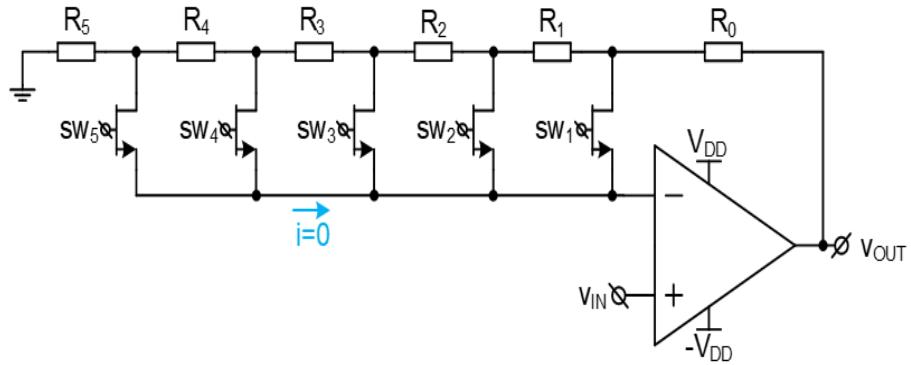


Figura 23.PGA cu switch-uri în afara căii de semnal,neinversor

Pentru dimensionarea circuitului s-au utilizat specificațiile date: Câștig maxim=10 dB, Câștig maxim=16 dB, rezoluție de 2 dB și număr de pași =4.

$\{10,12,14,16\}$ [dB] -valori în funcție de numărul de pași

$$x_{liniar} = 10^{\frac{y_{dB}}{20}} \quad (1.3)$$

$$y_{dB}=10 \Rightarrow x_{liniar} = 10^{\frac{10}{20}} \Rightarrow x_{liniar}=3.16$$

$$y_{dB}=12 \Rightarrow x_{liniar} = 10^{\frac{12}{20}} \Rightarrow x_{liniar}=3.98$$

$$y_{dB}=14 \Rightarrow x_{liniar} = 10^{\frac{14}{20}} \Rightarrow x_{liniar}=5$$

$$y_{dB}=16 \Rightarrow x_{liniar} = 10^{\frac{16}{20}} \Rightarrow x_{liniar}=6.3$$

$$\{10,12,14,16\} \text{ [dB]} \rightarrow \{3.16,3.98,5,6.3\}$$

Câștigul unui PGA neinversor este:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (1.4)$$

Cazul 1: $sw_4 = on, sw_3 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2 + R_3}{R_4} = 6.3$$

Cazul 2: $sw_3 = on, sw_4 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2}{R_4 + R_3} = 5$$

Cazul 3: $sw_2 = on, sw_4 = sw_3 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1}{R_4 + R_3 + R_2} = 3.98$$

Cazul 4: $sw_1 = on, sw_4 = sw_3 = sw_2 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O}{R_4 + R_3 + R_2 + R_1} = 3.16$$

Se va rezolva următorul sistem de ecuații pentru dimensionarea rezistențelor:

$$\begin{cases} R_O + R_1 + R_2 + R_3 = 5.3R_4 & (1) \\ R_O + R_1 + R_2 = 4(R_4 + R_3) & (2) \\ R_O + R_1 = 2.98(R_4 + R_3 + R_2) & (3) \\ R_O = 2.16(R_4 + R_3 + R_2 + R_1) & (4) \end{cases} \quad (1.5)$$

Alegem $R_4 = 10k\Omega$ (apartine seriei standardizate E6)

$$(1) \rightarrow R_O + R_1 + R_2 = 5.3R_4 - R_3$$

$$\text{Din (2)} \rightarrow 5.3R_4 - R_3 = 4(R_4 + R_3) \Rightarrow R_3 = 2.6 k\Omega$$

$$(2) \rightarrow R_O + R_1 = 4(R_4 + R_3) - R_2$$

$$\text{Din (3)} \rightarrow 4(R_4 + R_3) - R_2 = 2.98(R_4 + R_3 + R_2) \Rightarrow R_2 = 3.2k\Omega$$

$$(3) \rightarrow R_O = 2.98(R_4 + R_3 + R_2) - R_1$$

$$\text{Din (4)} \rightarrow 2.98(R_4 + R_3 + R_2) - R_1 = 2.16(R_4 + R_3 + R_2 + R_1) \Rightarrow R_1 = 4.1 k\Omega$$

$$(4) \rightarrow R_O = 43k\Omega$$

Deoarece a fost utilizată seria de rezistențe standardizată circuitul va arăta astfel:

$$R_4 = 10k\Omega$$

$R_3 = 2.6k\Omega \rightarrow$ se va utiliza o rezistență de $2.2k\Omega$ în serie cu o rezistență de 330Ω

$R_2 = 3.2 k\Omega \rightarrow$ se va utiliza o rezistență de $2.2 k\Omega$ în serie cu o rezistență de $1k \Omega$

$R_1 = 4.1 k\Omega \rightarrow$ se va utiliza o rezistență de $10 k\Omega$ în paralel cu o rezistență de $6.8 k\Omega$

$R_O = 47 k\Omega \rightarrow$ se va utiliza o rezistență de $33 k\Omega$ în serie cu o rezistență de $10k \Omega$

În urma dimensionării rezistențelor și alegerea unor rezistențe care aparțin seriei standardizate E6 circuitul final este cel din Figura 24.

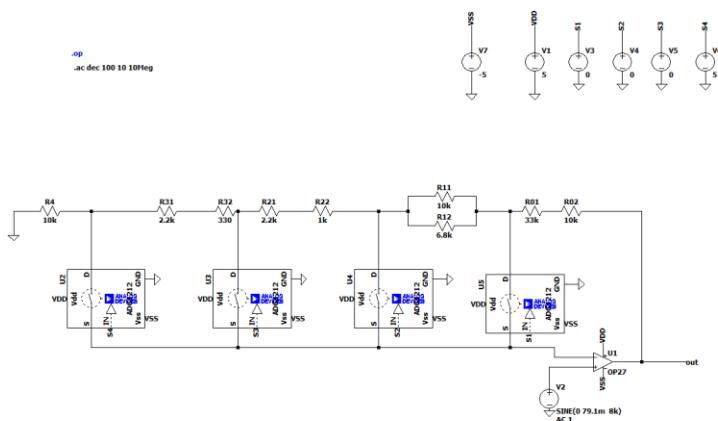


Figura 24. PGA cu switch-uri în afara căii de semnal

2.3.2 CARACTERIZAREA ETAJULUI 3

Pentru a demonstra funcționalitatea circuitului au fost realizate următoarele simulări:Punct static de funcționare(DCOP),AC(toate treptele de câștig),AC(banda PGA>banda filtru),THD.

Punct static de funcționare(DCOP)

A fost luat în considerare câștigul minim (3.16).

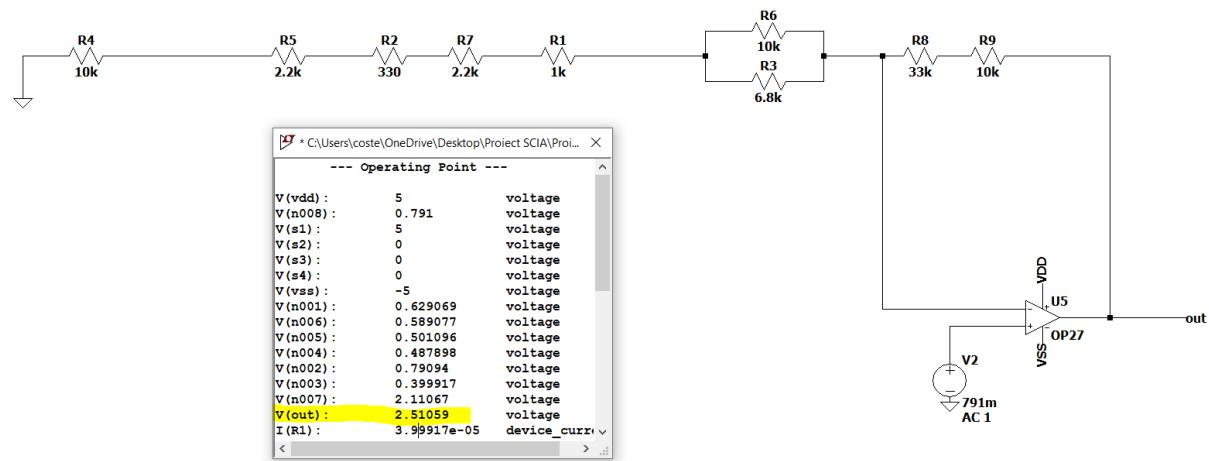


Figura 25.PSF

AC(toate treptele de câștig) – se va rula o analiza AC (.ac dec 100 10 10Meg)

Cazul 1: $sw_4 = on, sw_3 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2 + R_3}{R_4} = 6.3 \Rightarrow 16 \text{ dB}$$

În Figura 26 se poate observa câștigul maxim.

Valoare măsurată = 15.957657dB

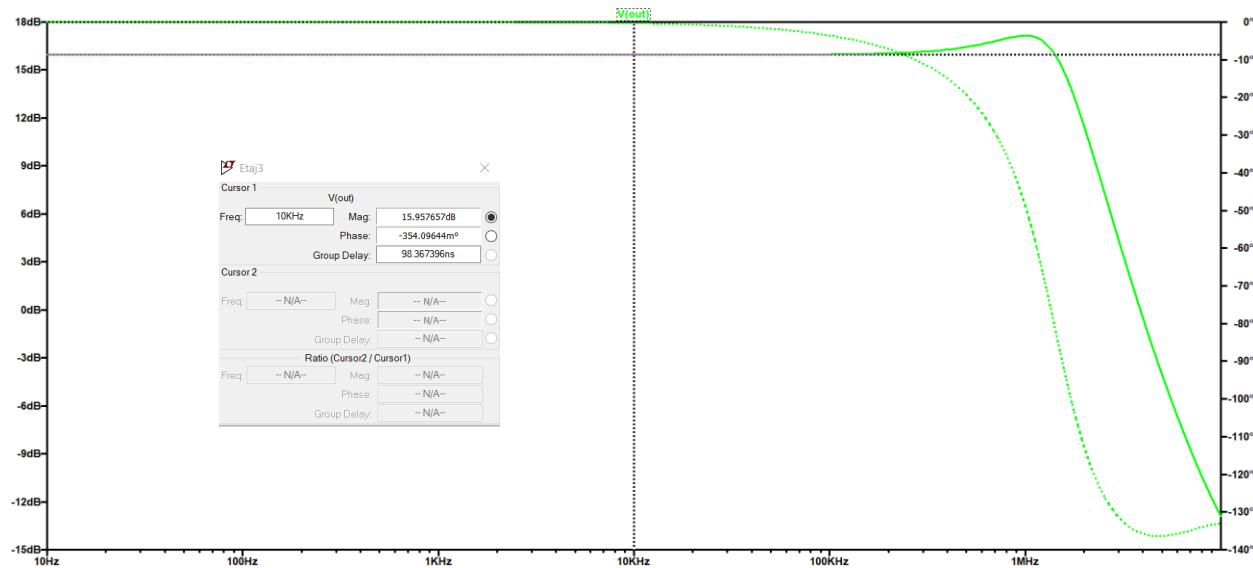


Figura 26.Caz 1

Cazul 2: $sw_3 = on$, $sw_4 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2}{R_4 + R_3} = 5 \Rightarrow 14 \text{ dB}$$

În Figura 27 se poate observa câștigul maxim.

Valoare măsurată = 13.998752dB

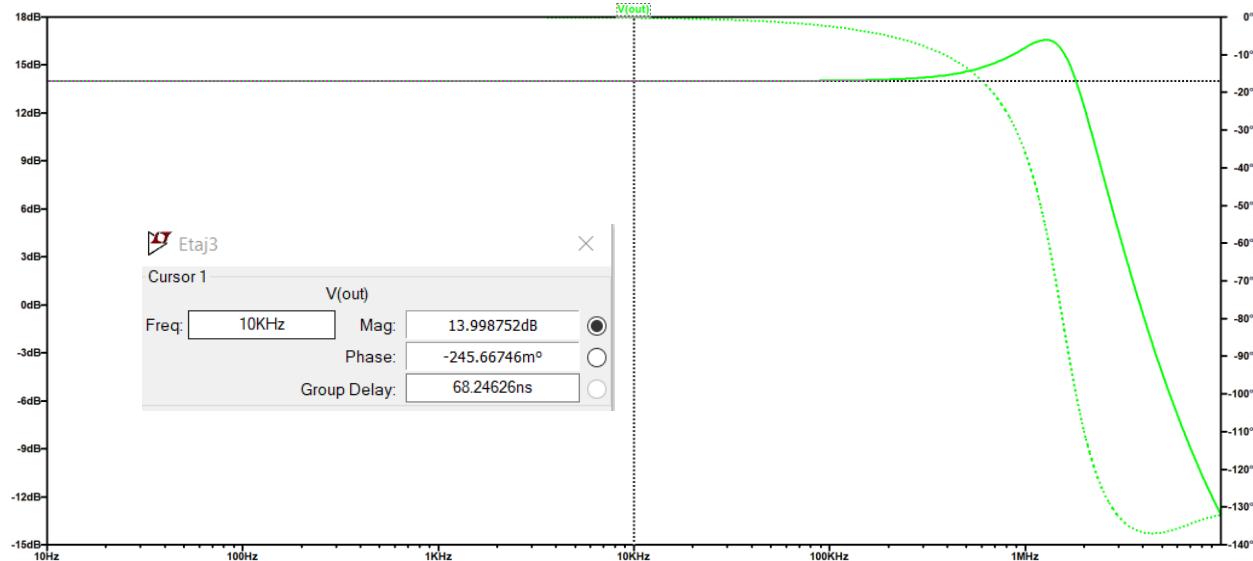


Figura 27. Caz 2

Cazul 3: $sw_2 = on$, $sw_4 = sw_3 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1}{R_4 + R_3 + R_2} = 3.98 \Rightarrow 12\text{dB}$$

În Figura 28 se poate observa câștigul maxim.

Valoare măsurată = 12.023266dB

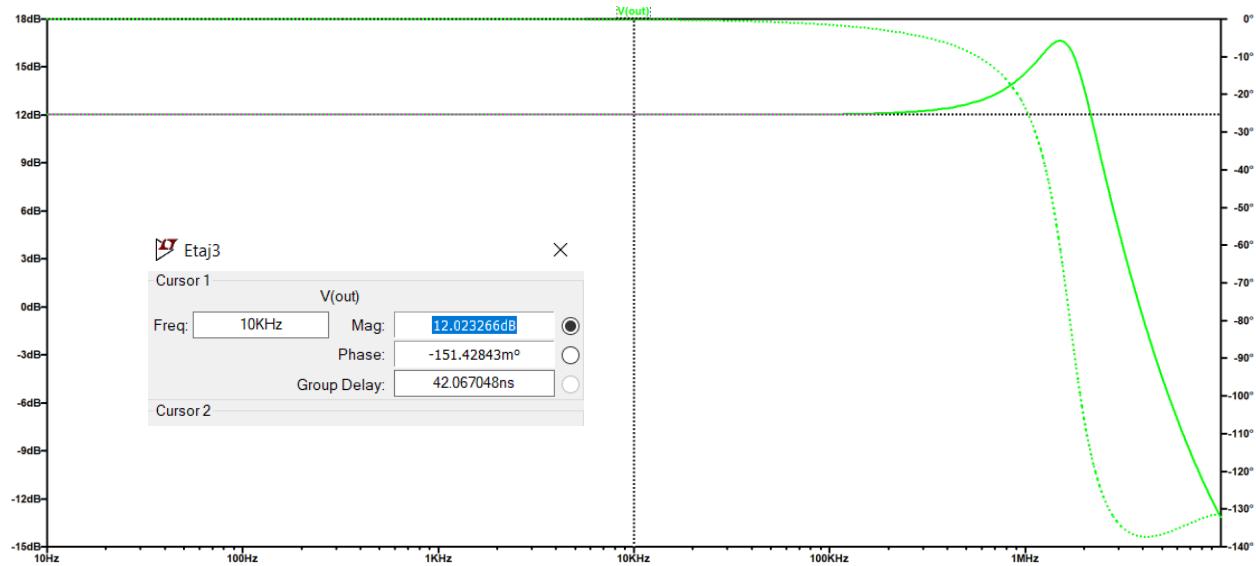


Figura 28.Caz 3

Cazul 4: $sw_1 = on$, $sw_4 = sw_3 = sw_2 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O}{R_4 + R_3 + R_2 + R_1} = 3.16 \Rightarrow 10\text{ dB}$$

În Figura 29 se poate observa câștigul maxim.

Valoare măsurată = 10.034374dB

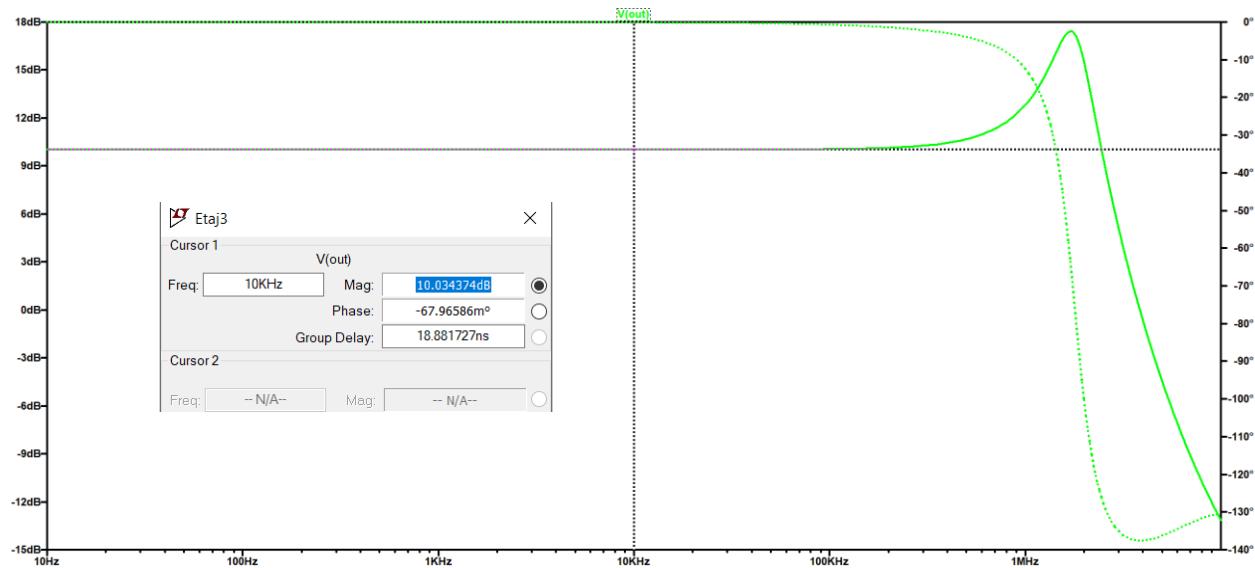


Figura 29.Caz 4

AC: Banda PGA(pt fiecare câștig)>Banda Filtrului

Banda se măsoară la -3dB

Cazul 1: $sw_4 = on, sw_3 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2 + R_3}{R_4} = 6.3$$



Figura 30. Banda caz 1

În Figura 30 se poate observa că banda este: 1.9236619MHz

Cazul 2: $sw_3 = on$, $sw_4 = sw_2 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1 + R_2}{R_4 + R_3} = 5$$

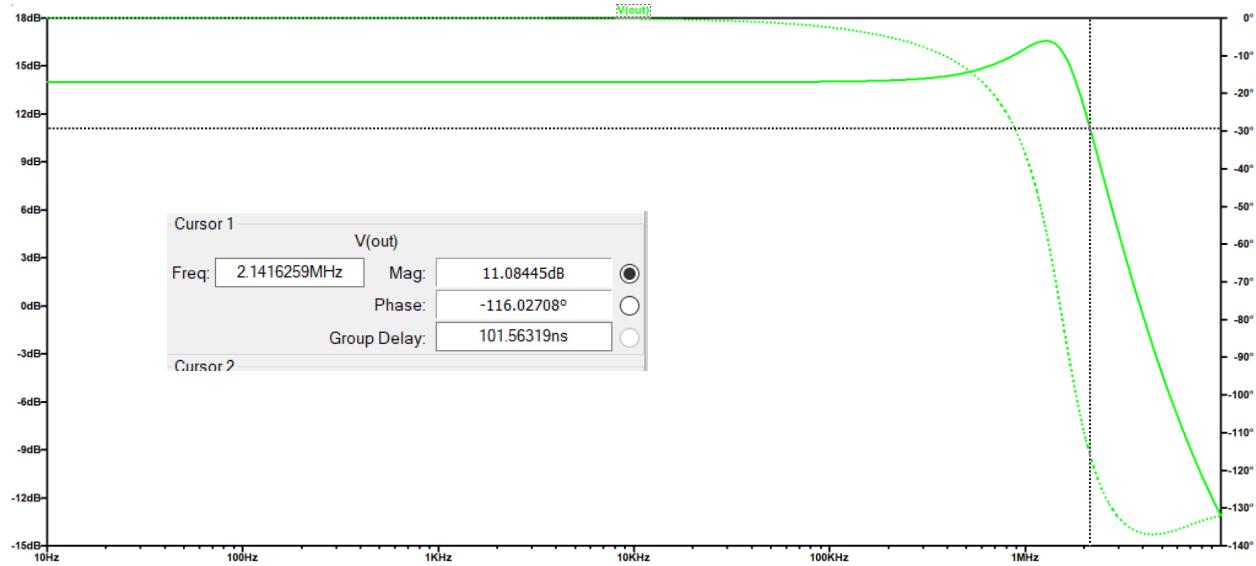


Figura 31. Banda caz 2

În Figura 31 se poate observa că banda este: 2.1416259MHz

Cazul 3: $sw_2 = on$, $sw_4 = sw_3 = sw_1 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O + R_1}{R_4 + R_3 + R_2} = 3.98$$

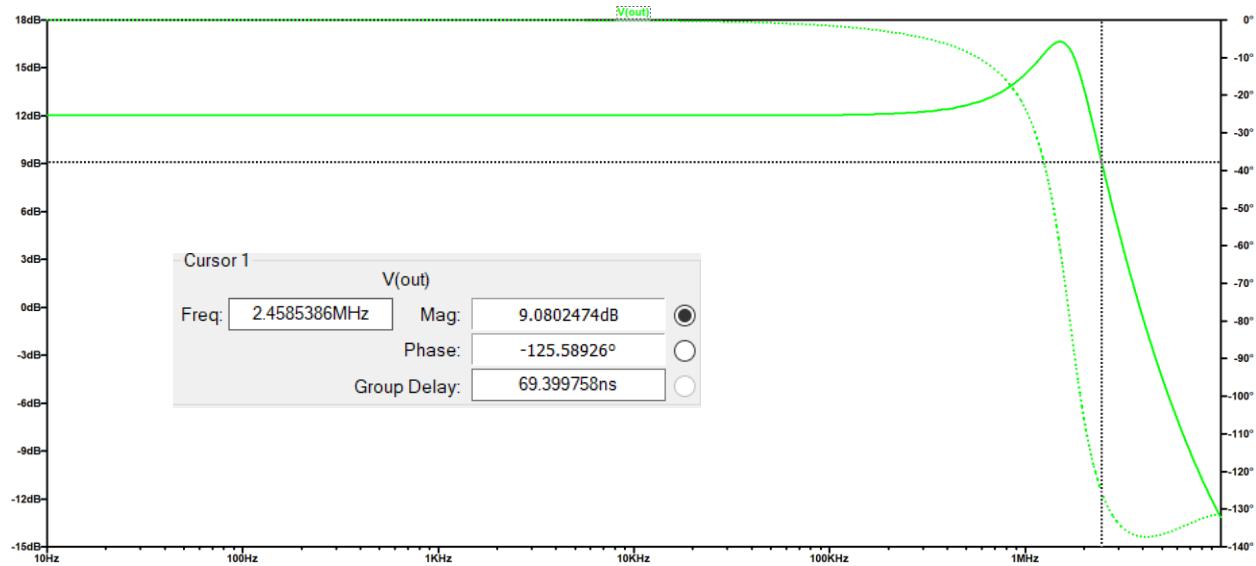


Figura 32. Banda caz 3

În Figura 32 se poate observa că banda este: 2.4585386MHz

Cazul 4: $sw_1 = on, sw_4 = sw_3 = sw_2 = off$

$$A_v = 1 + \frac{R_O}{R_4 + R_3 + R_2 + R_1} = 3.16$$

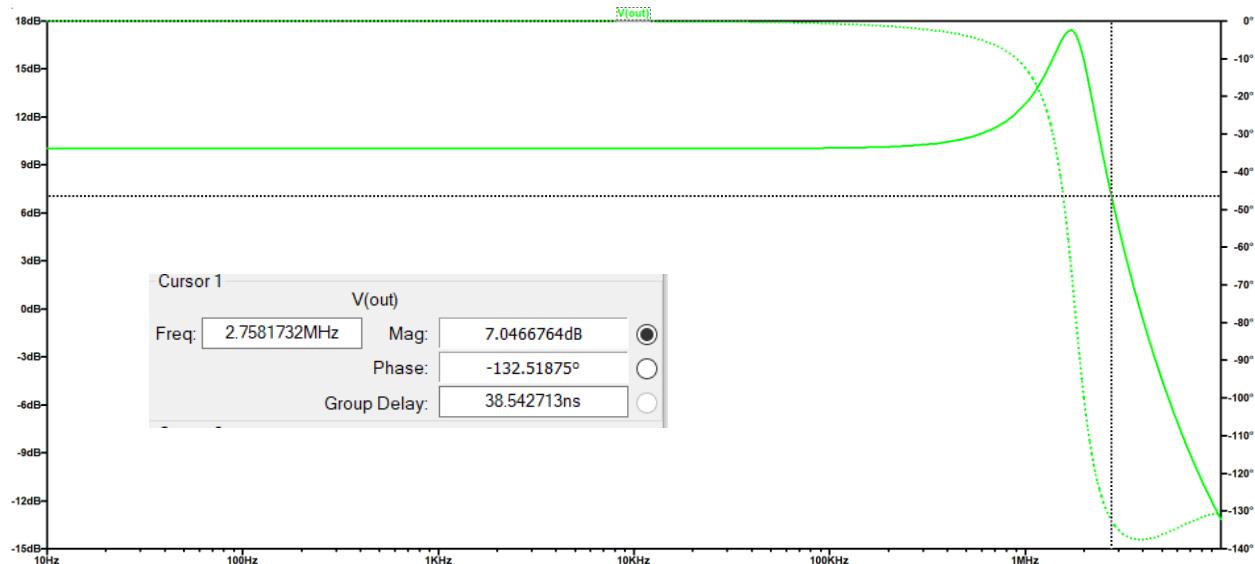


Figura 33. Banda caz 4

În Figura 32 se poate observa că banda este: 2.7581732MHz

Transient: Liniaritate > specs pt castig min/max (pentru THD < 1%)

Fără distorsiuni la fin_max pt ampl_in_min*castig_max_PGA și ampli_in_max*castig_min_PGA (THD<1%).

1. Liniaritatea pentru câștig minim

Ampl_in_min*castig_max=396mV*6.3=2.49V ($sw_4 = on$)

Partial Harmonic Distortion: 0.580234%

Total Harmonic Distortion: 0.596047%

Figura 33.THD

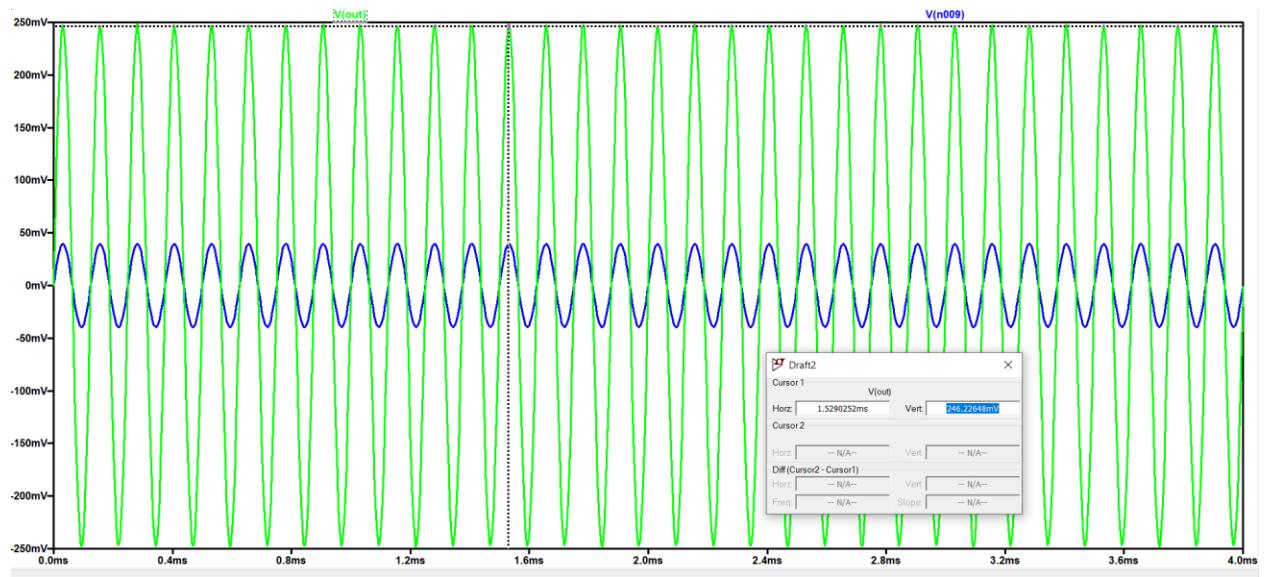


Figura 34. Analiză transient liniaritatea pentru câștig minim

2. Liniaritatea pentru câștig maxim

$$\text{Ampl_in_max} * \text{castig_min} = 791\text{mV} * 3.16 = 2.49 \text{ V} (\text{sw}_1 = \text{on})$$

Partial Harmonic Distortion: 0.405652%
Total Harmonic Distortion: 0.424923%

Figura 34.THD

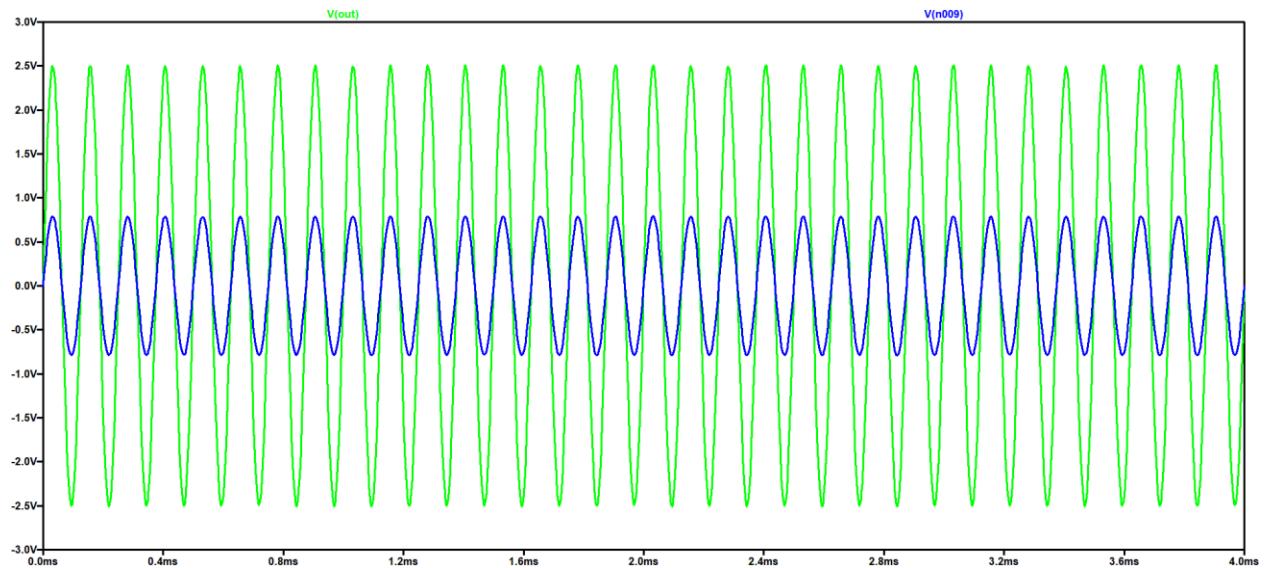


Figura 35. Analiză transient liniaritatea pentru câștig maxim

2.4. EТАJUL 4

2.4.1 DIMENSIONAREA EТАJULUI 4

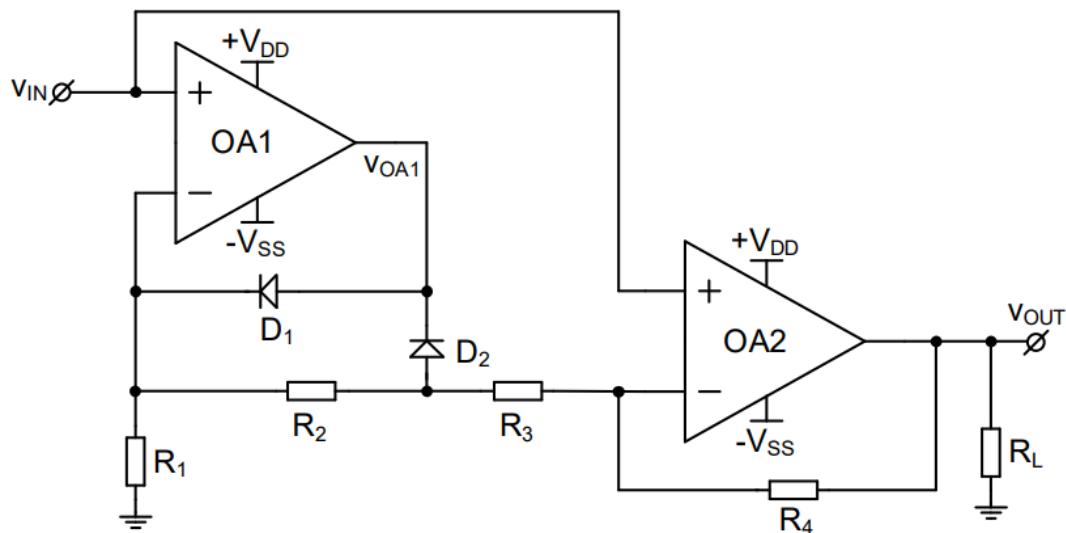


Figura 36. Redresor bialternanță 2 AO, neinversor

$$V_{in} < 0$$

Presupunem $D_1, D_2 - off$

$$\begin{aligned} v^+_1 &= V_{in} \\ v^-_1 &= \frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} V_{in} \end{aligned} \quad \Rightarrow v^+_1 > v^-_1 \Rightarrow V_{AO1} = -V_{DD} \Rightarrow \begin{cases} D_1 - off \\ D_2 - on \end{cases}$$

Circuitul echivalent este prezentat în Figura 37.

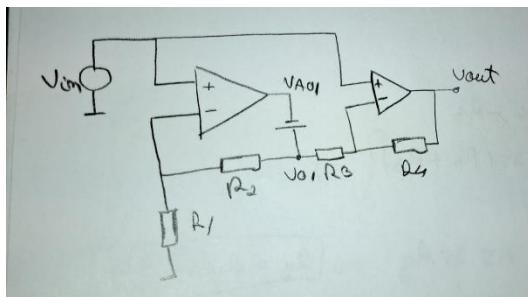


Figura 37.

$$V_{O1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in}$$

$$V_{AO1} = V_{O1} - V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{in} - V_{out}$$

→ pasivizăm V_{in}

$$V_{out} = V_{o1} \left(-\frac{R_4}{R_3} \right) + \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) V_{in}$$

→ pasivizăm V_{o1}

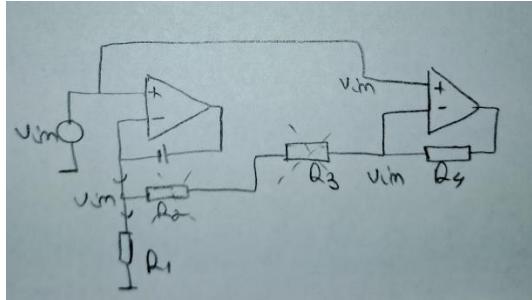
$$V_{out} = -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{in} + \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) V_{in}$$

$$V_{in} > 0$$

Presupunem $D_1, D_2 - off$

$$\begin{array}{l} v^+_1 = V_{in} \\ v^-_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V_{in} \end{array} \quad \Rightarrow v^+_1 < v^-_1 \Rightarrow V_{AO1} = +V_{DD} \Rightarrow \begin{cases} D_1 - on \\ D_2 - off \end{cases}$$

Circuitul echivalent este prezentat în Figura 38.



$$V_{AO1} - V_D = V_{in}$$

$$V_{out} = V_{in}$$

Figura 38.

Pentru dimensionare vom realiza următorii pași:

$$\left| 1 - \frac{R_2 R_4}{R_3 R_1} \right| = 1 \Rightarrow 1 - \frac{R_2 R_4}{R_3 R_1} = -1 \Rightarrow \frac{R_2 R_4}{R_3 R_1} = 2$$

$$\text{Alegem } R_1 = 15k\Omega \text{ și } R_2 = 15k\Omega \Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = 2 \rightarrow R_4 = 4k\Omega \text{ și } R_3 = 2 k\Omega$$

2.4.2 CARACTERIZAREA ETAJULUI 4

Pentru a demonstra funcționalitatea circuitului din Figura 39 au fost realizate următoarele simulări:Punct static de funcționare,DC sweep+transient(câștig=specs),Transient(implementarea funcției de circuit).

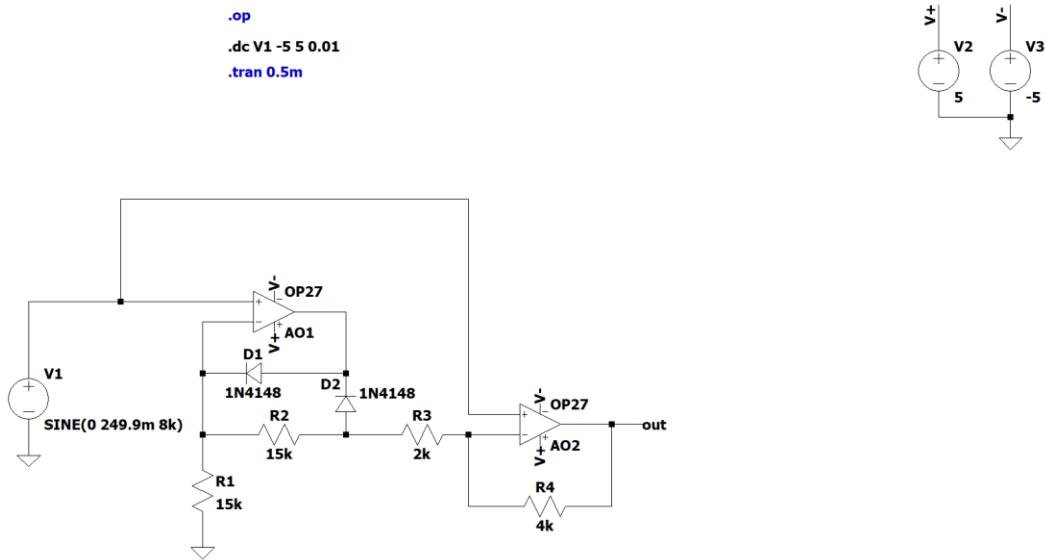


Figura 39.Redresor bialternanță 2 AO,neinversor,dimensionat

Punct static de funcționare(DCOP)

```

    | --- Operating Point ---
    |
    V(v+) :      5          voltage
    V(v-) :     -5          voltage
    V(n004) :  0.0790997  voltage
    V(n007) :  0.0791   voltage
    V(n008) :  0.65067  voltage
    V(n002) :  0.0791   voltage
    V(out) :  0.0791002  voltage
    V(n005) :  0.0790998  voltage
    V(n001) :  0.0395499  voltage
    V(n006) :  0.0790999  voltage
    V(n003) :  0.0791001  voltage
    I(D1) :  3.95498e-05 device_current
    I(D2) : -5.8157e-13 device_current
    I(R1) :  8.1814e-11 device_current
    I(R21) : -3.95499e-05 device_current
    I(R31) :  8.12325e-11 device_current
    I(R41) :  9.44102e-11 device_current
    I(R22) : -3.95499e-05 device_current
    I(R32) :  8.12325e-11 device_current
    I(R42) :  9.44102e-11 device_current
    I(V2) : -0.00495546 device_current
    I(V3) :  0.00491591 device_current
    I(V1) : -2.64186e-11 device_current
    Ix(ao1:1) :  1.32297e-11 subckt_current
    Ix(ao1:2) :  1.31369e-11 subckt_current
    Ix(ao1:3) :  0.00248792 subckt_current
    Ix(ao1:4) : -0.00244837 subckt_current
    Ix(ao1:5) :  2.05402e-05 subckt_current
  
```

Figura 40.PSF

DC sweep+transient(câştig=specs)

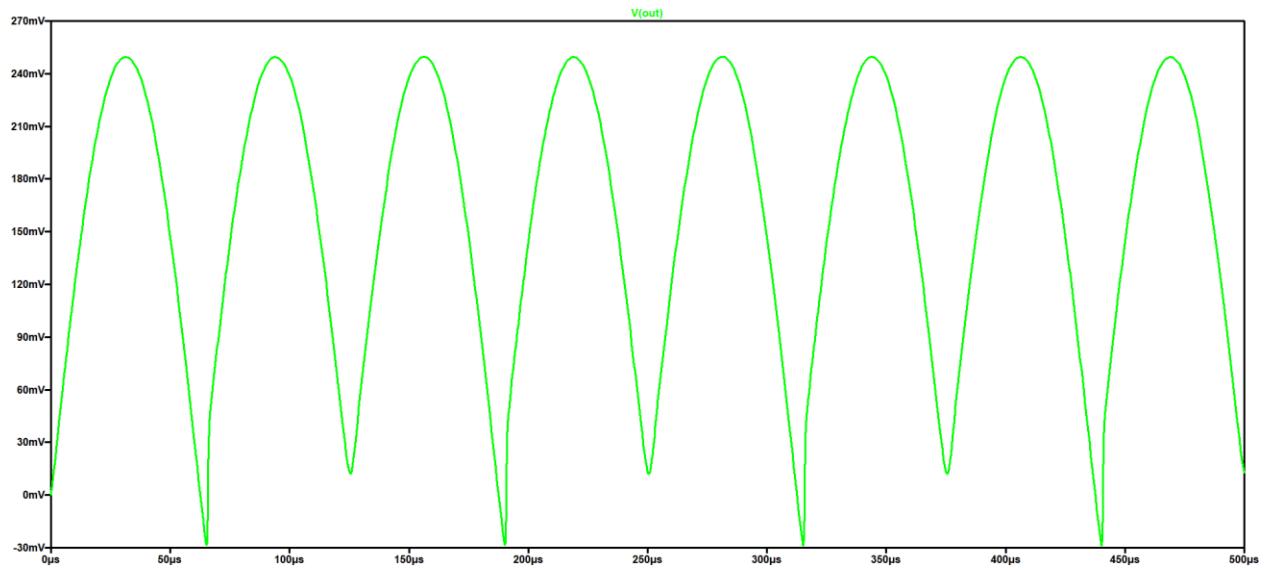


Figura 41.Analiza transient

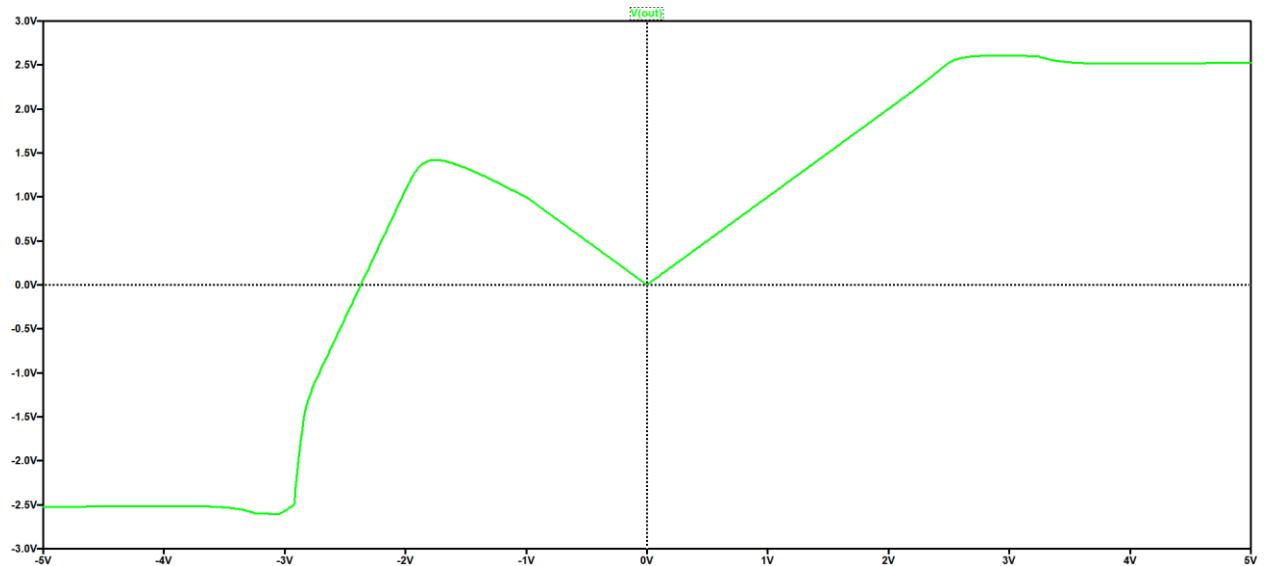


Figura 42.Analiza DC Sweep

Din Figura 41 rezultă câştigul circuitului, care este egal cu 1, exact ca și în specificații.

3. VERIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA INTERFEȚEI ANALOGICE

ETAJ 1

Schemă electrică:

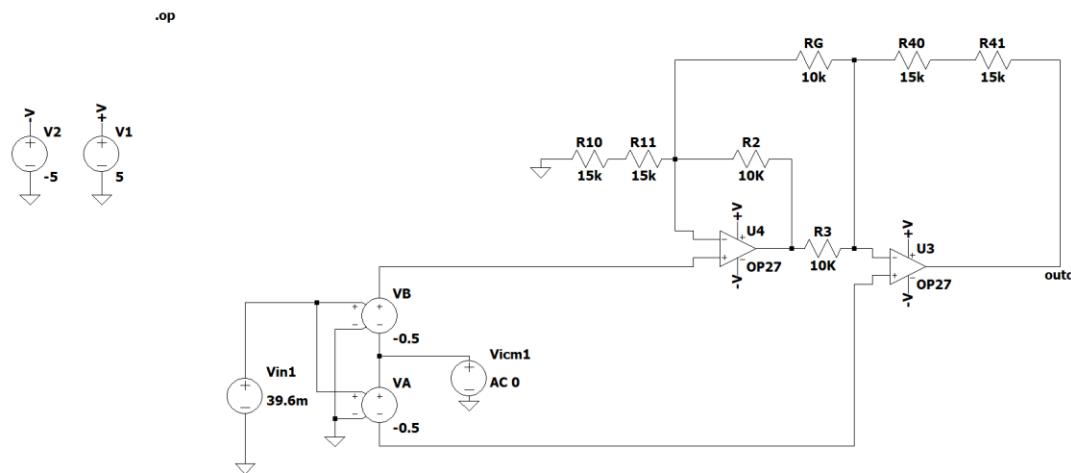
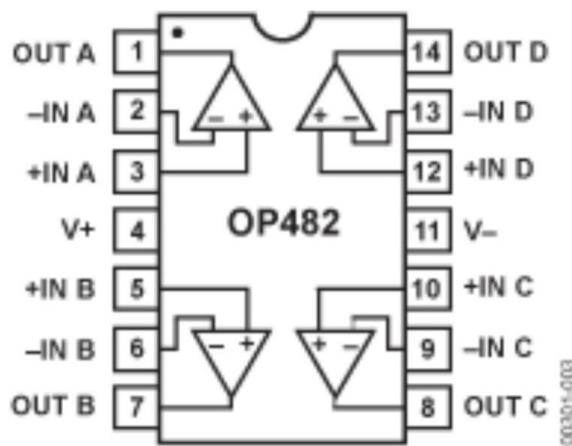


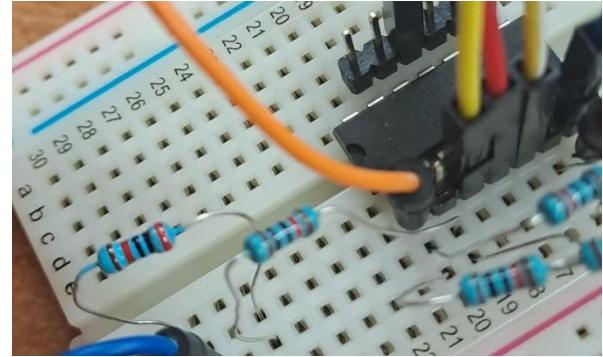
Figura 3.1. Schema electrică pentru etajul 1

Realizarea circuitului practic:

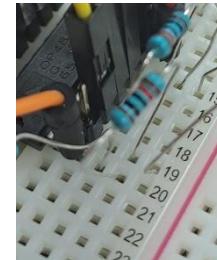
A fost utilizat amplificatorul operațional OP182.



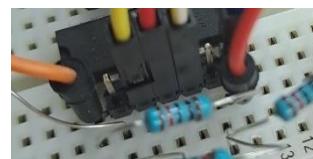
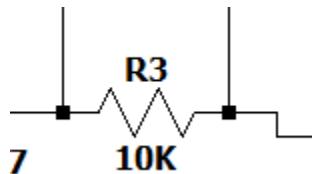
Au fost utilizate amplificatoarele cu ieșirile OUT A și OUT B.



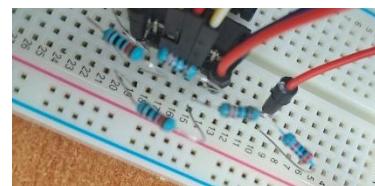
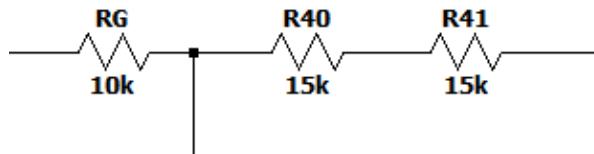
Rezistențele R_{10} și R_{11} sunt conectate la pinul 2 al amplificatorului A (-IN A).



Rezistență R_2 este conectată între -IN A și pinul 6 al amplificatorului B (-IN B).



Rezistență R_3 este conectată între pinul 1 (OUT A) și -IN B.



Rezistență R_G este conectată la -IN A și -IN B.

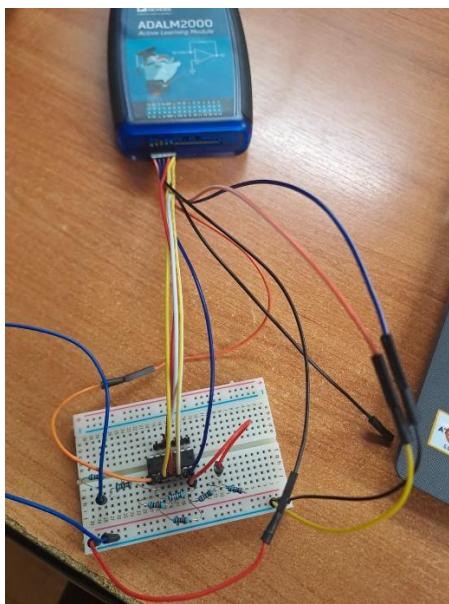
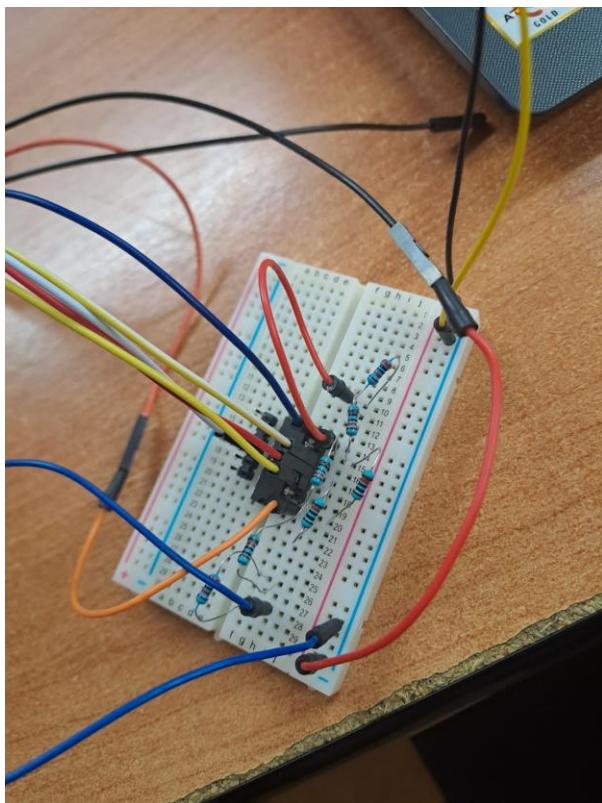
Rezistență R_{40} și R_{41} sunt conectate între -IN B și OUT B.

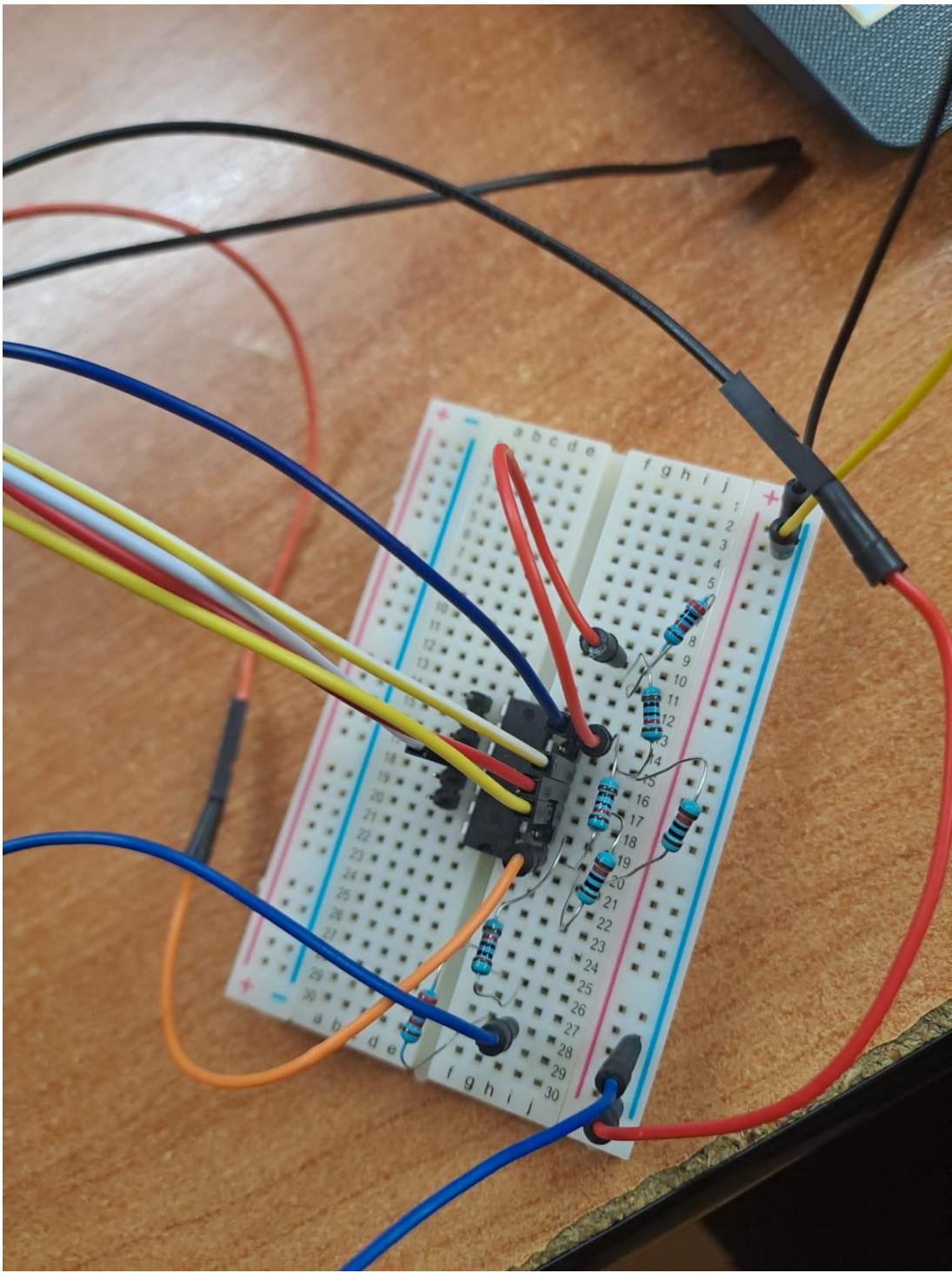
Pe pinul 4 a fost conectată alimentarea pozitivă (fir roșu).

Pe pinul 11 a fost conectată alimentarea negativă (fir alb).

Pe pinul 3 a fost conectată sursa de semnal V_b.(fir galben)

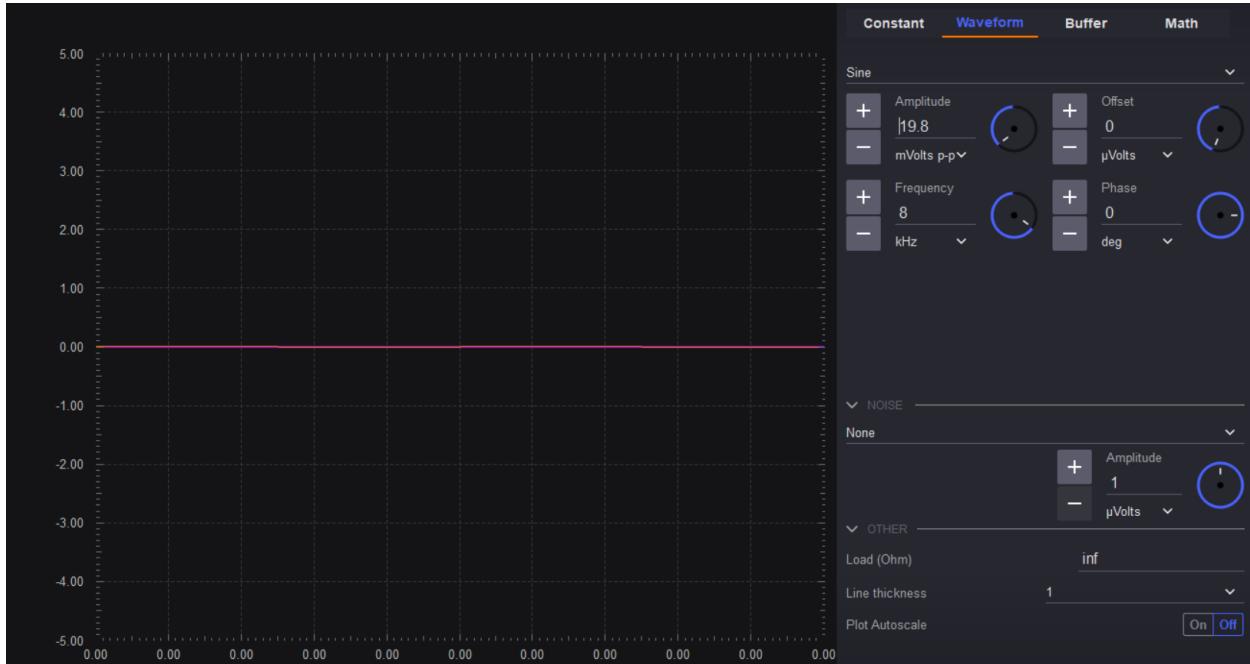
Pe pinul 5 a fost conectată sursa de semnal V_a.(fir galben cu alb)



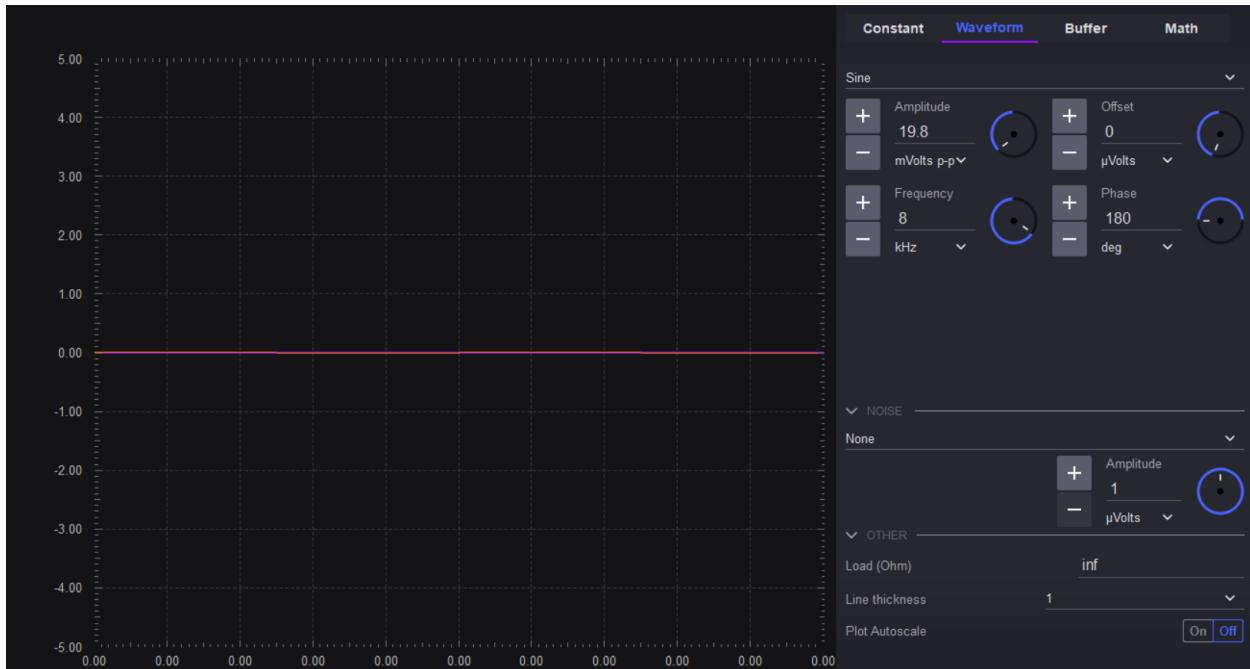


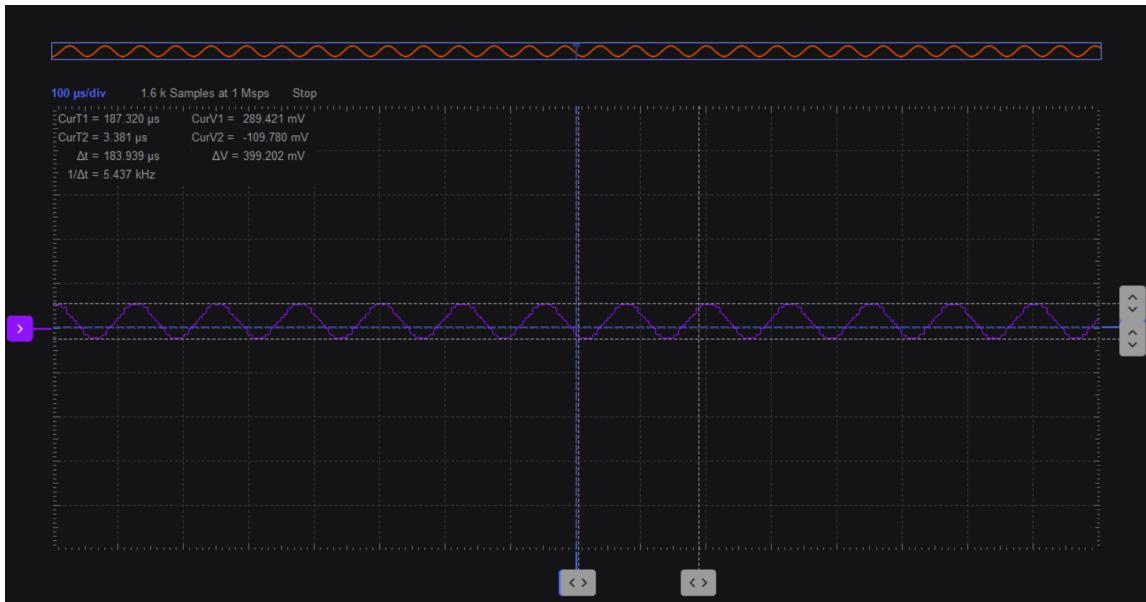
Simulări:

CH1



CH2



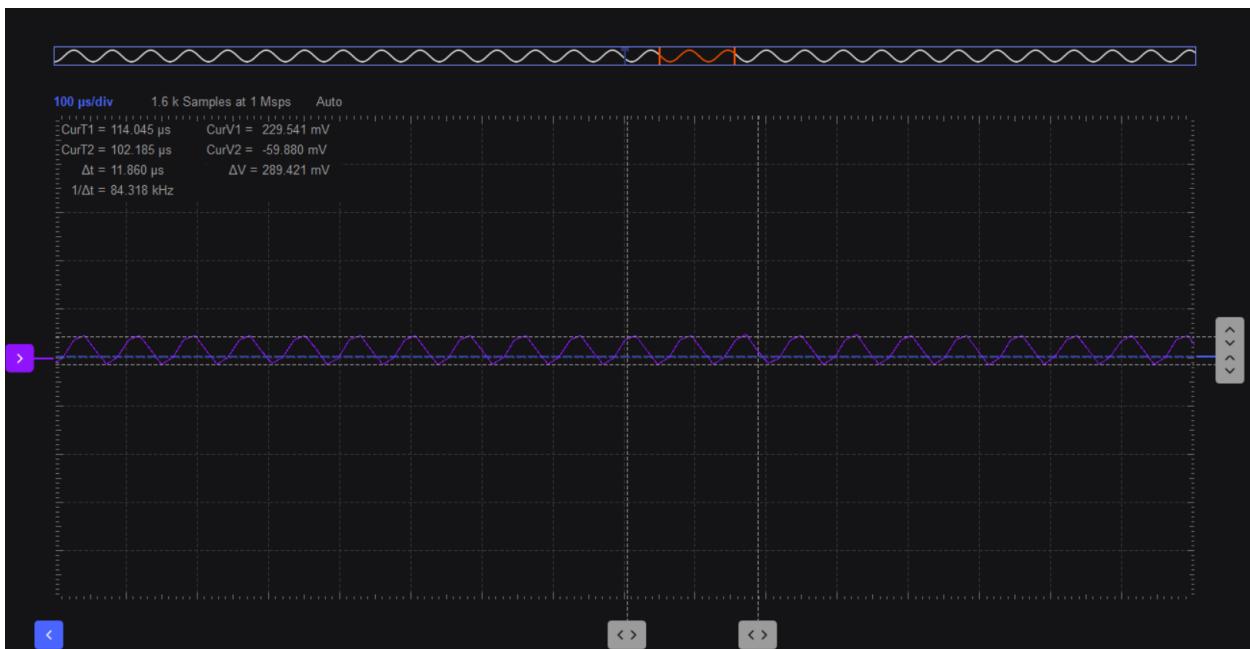


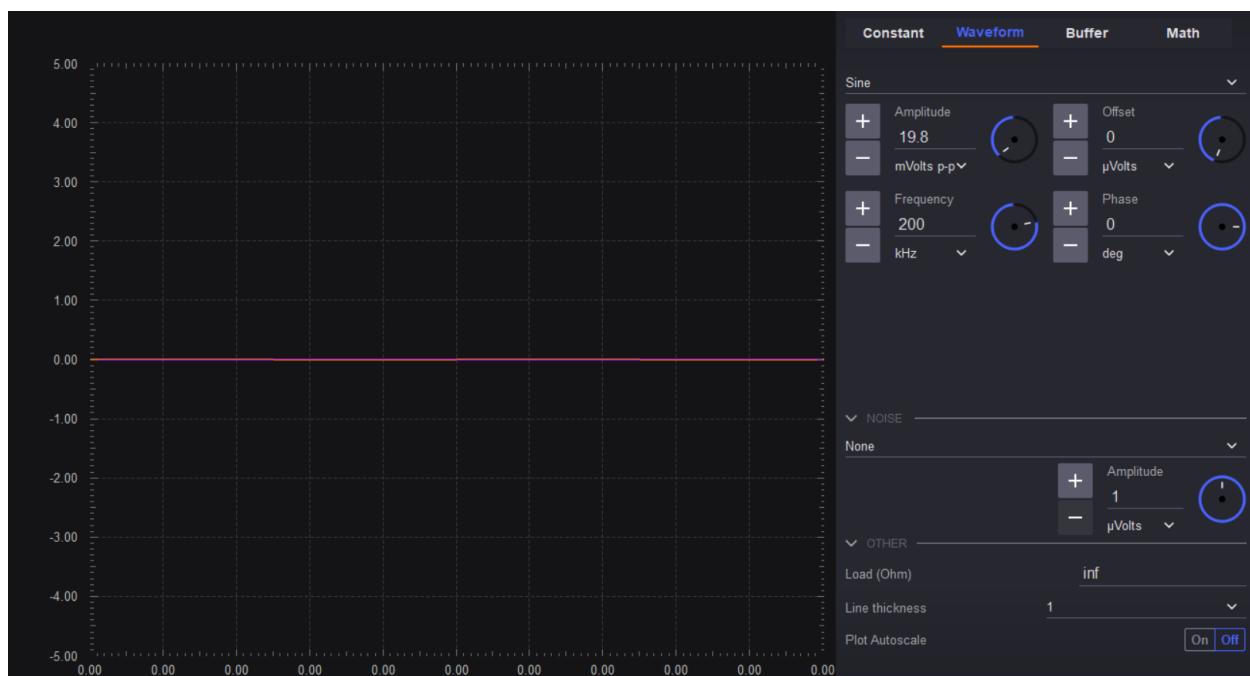
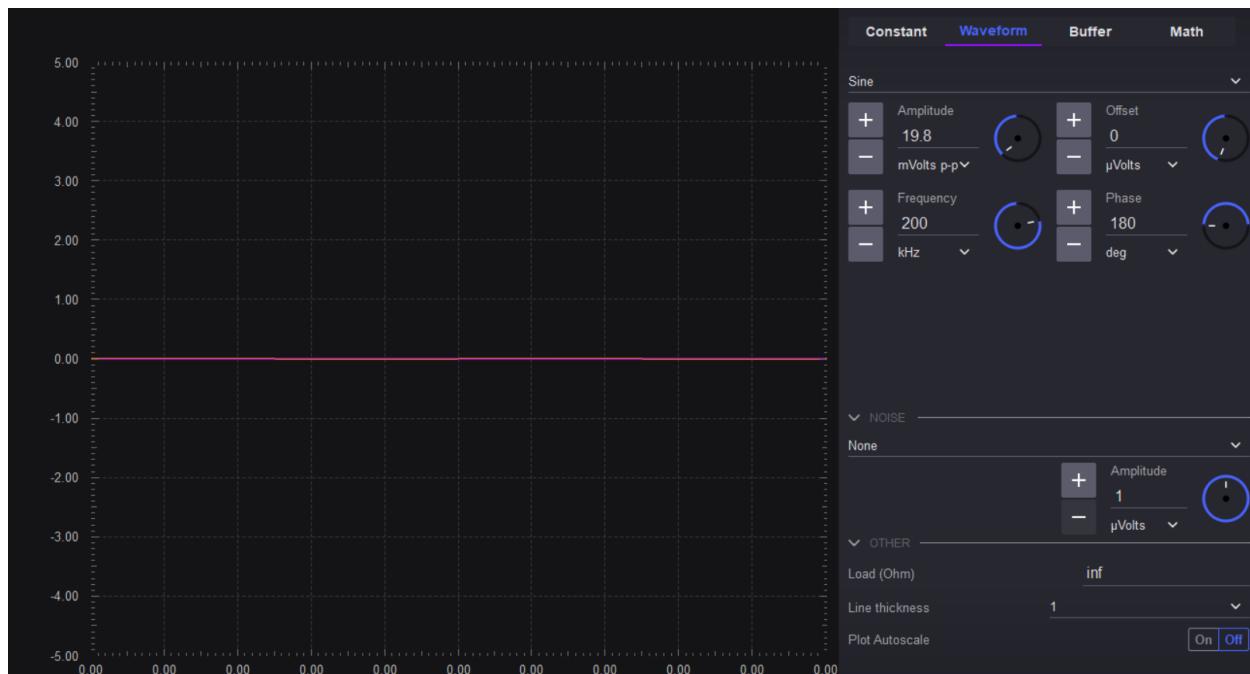
Tensiunea de ieșire măsurată este: 399.2mV

Banda > Banda filtru

Pentru a determina banda filtrului se va crește frecvența până cand amplitudinea de ieșire va ajunge la valoarea de: 280mV , deoarece banda se măsoară la -3dB.

$$\frac{39.6mV * 10}{\sqrt{2}} = 280mV$$

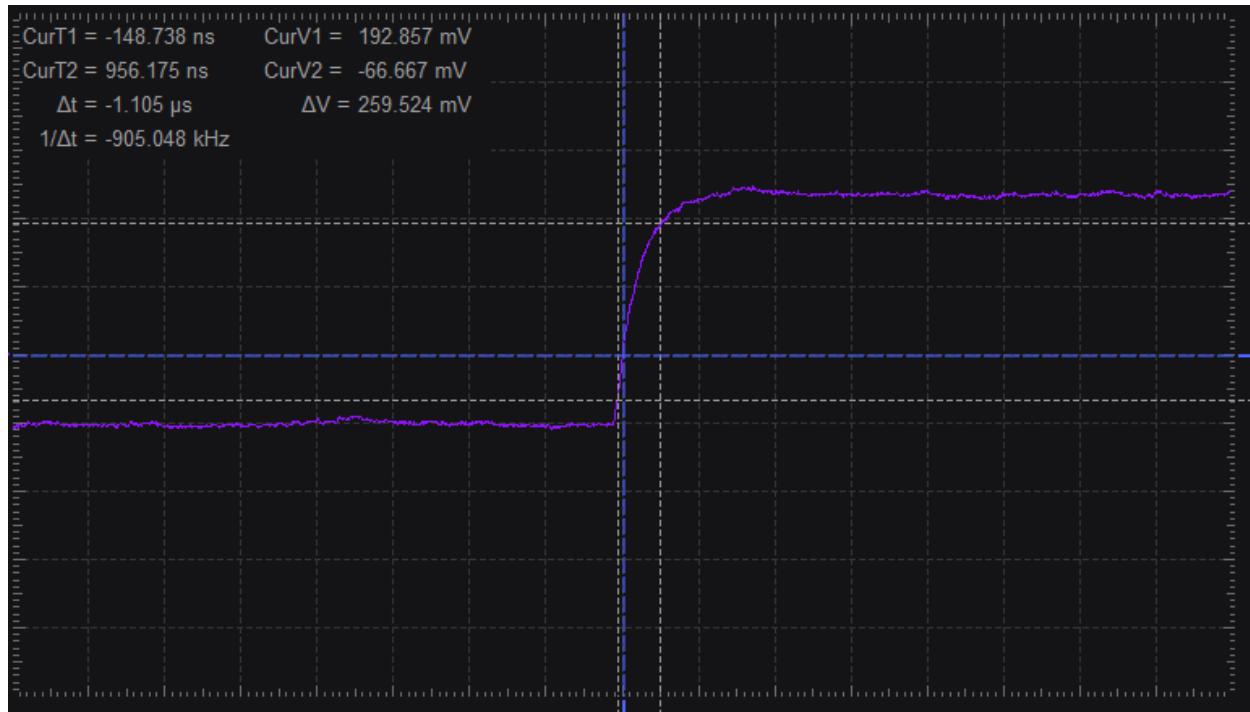




BW=200kHz

SR>Specificații

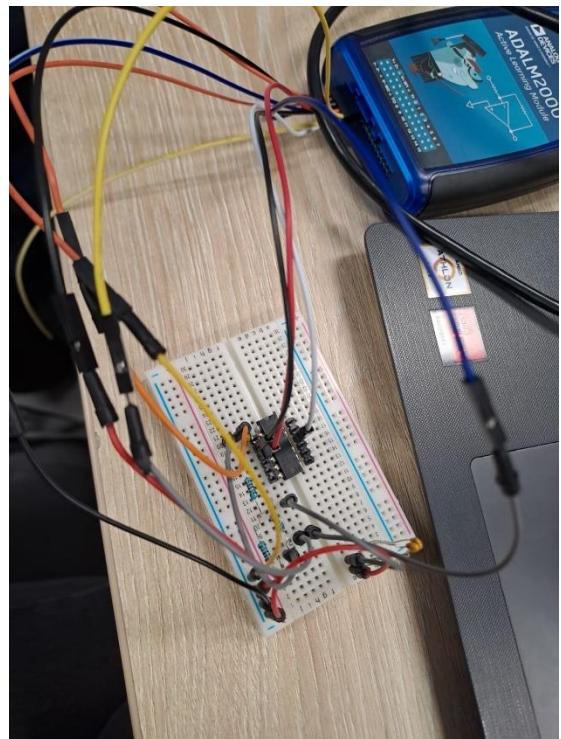
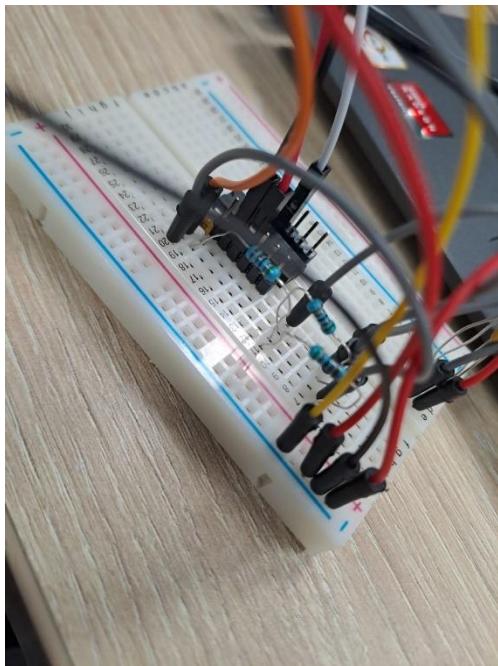
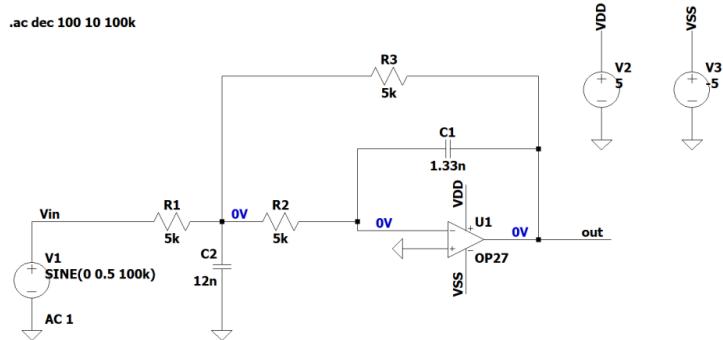
Pentru a măsura SR la intrarea circuitului a fost conectat un semnal trapezoidal.

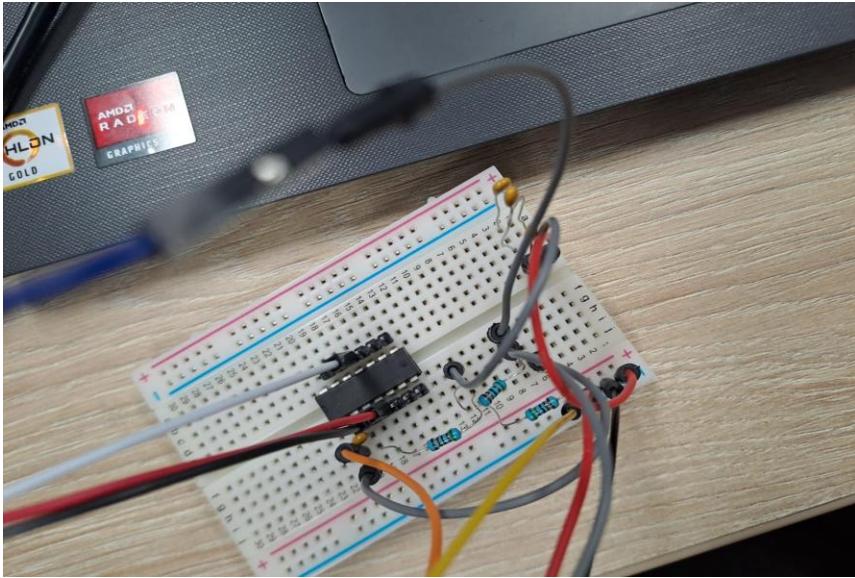


$$SR = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{259.52 \text{ mV}}{1.105 \mu s} = 0.23 \text{ V}/\mu s$$

ETAJ 2

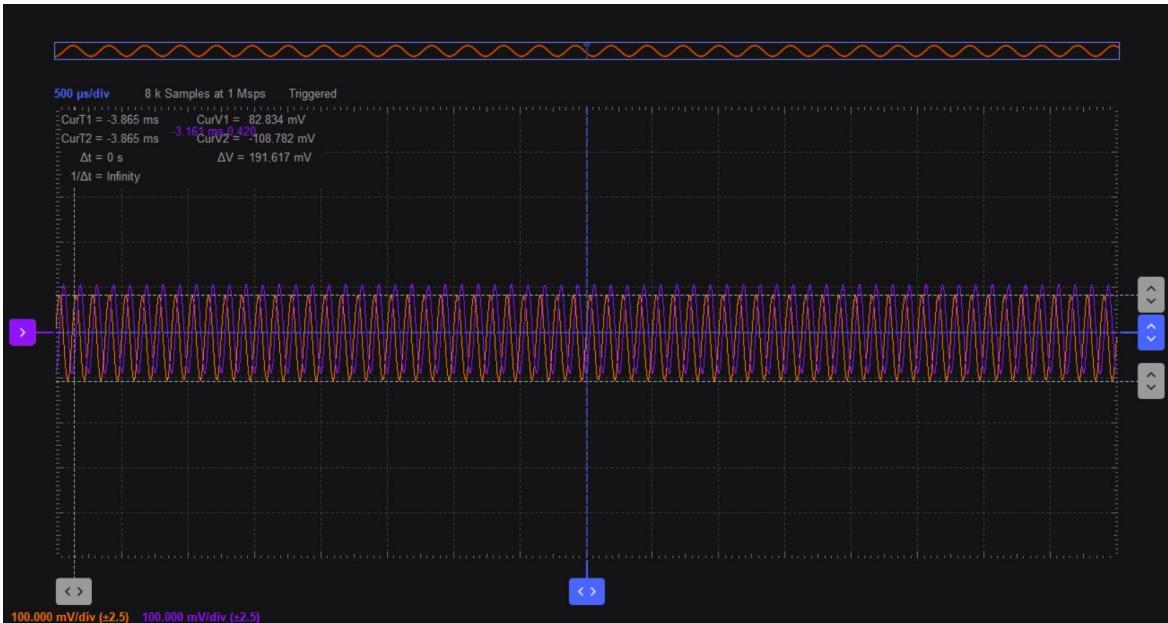
Schemă electrică:

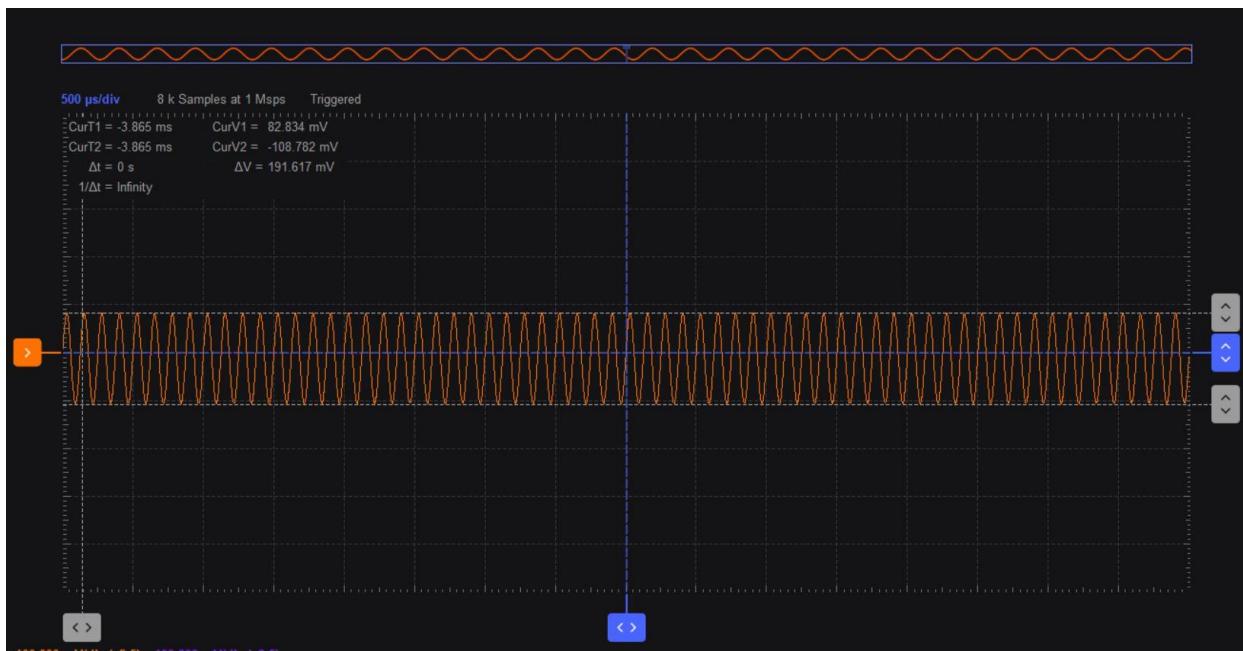




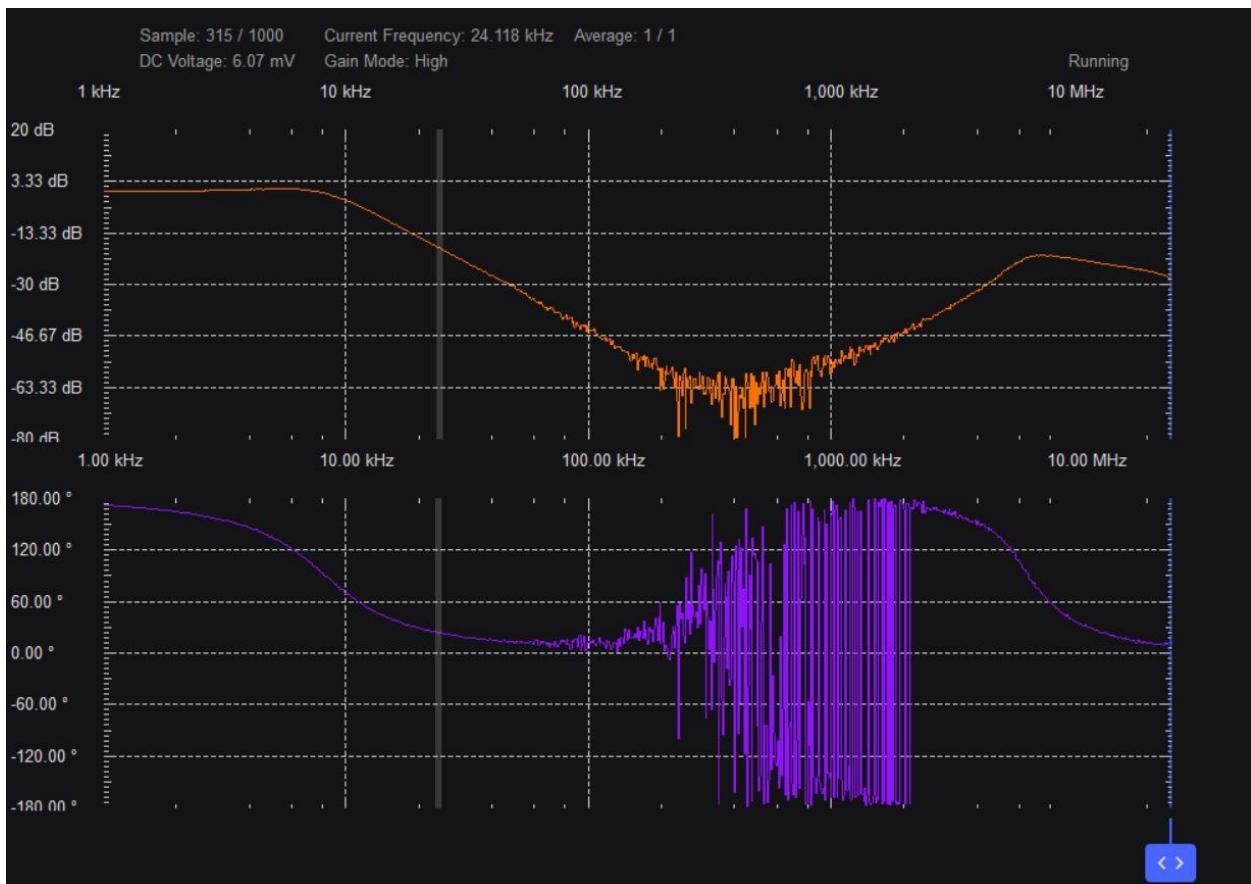
Simulări:

Câștig în banda de trecere



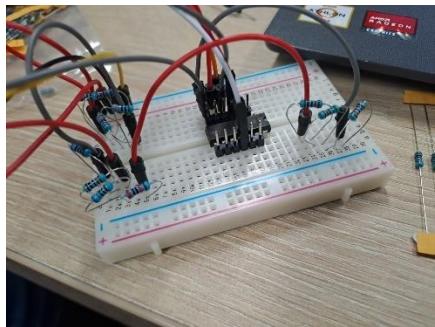
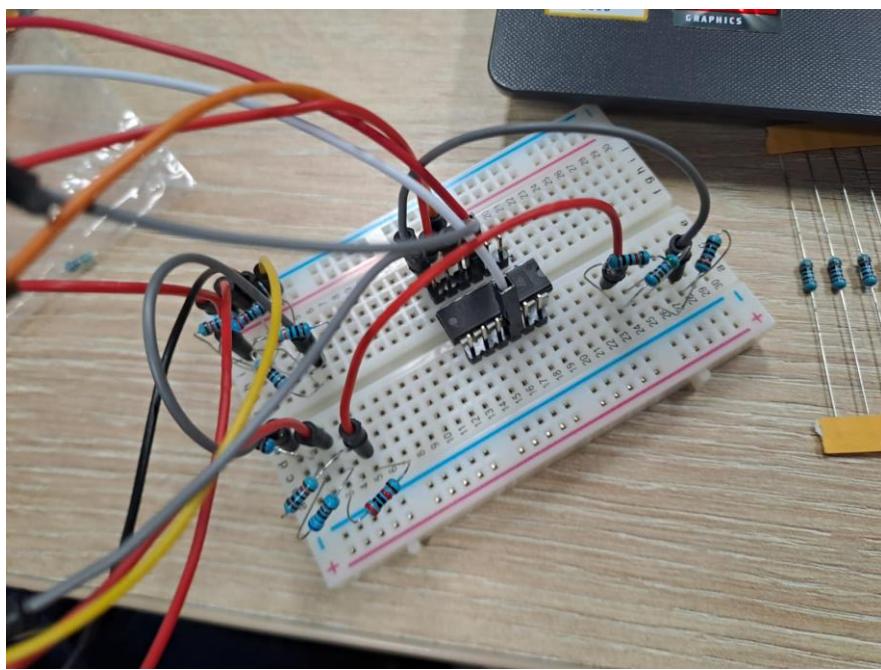
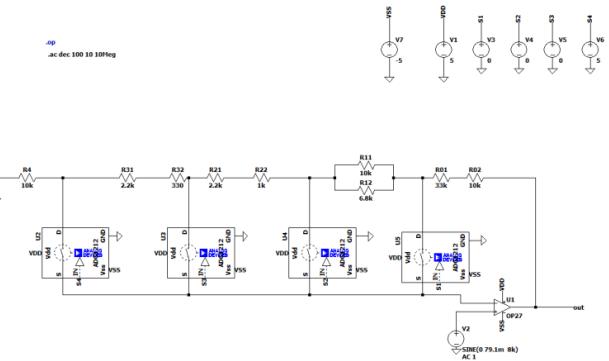


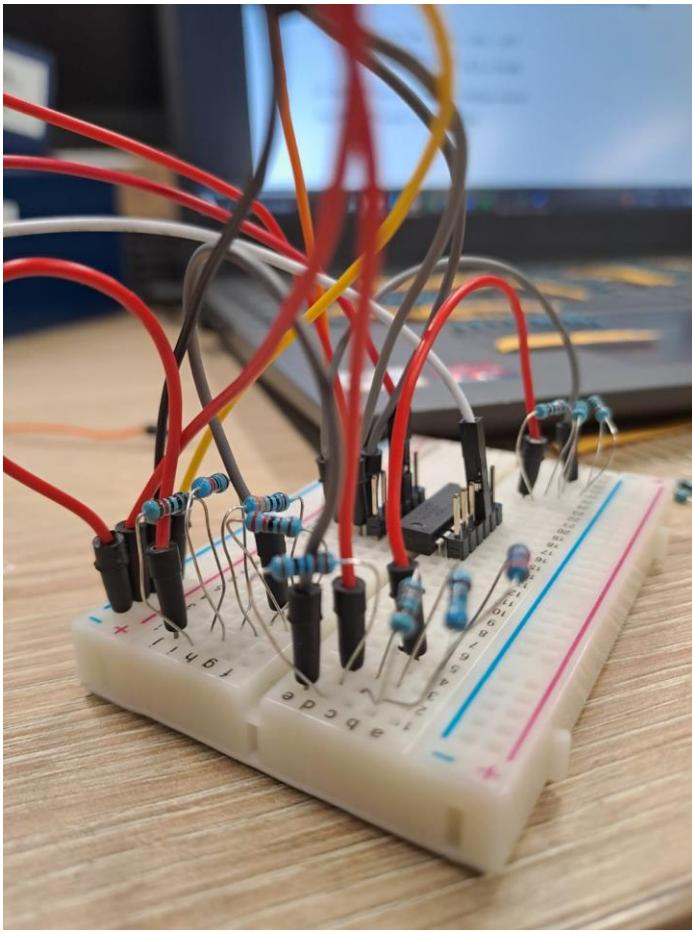
Banda



ETAJ 3

Schema electrică:

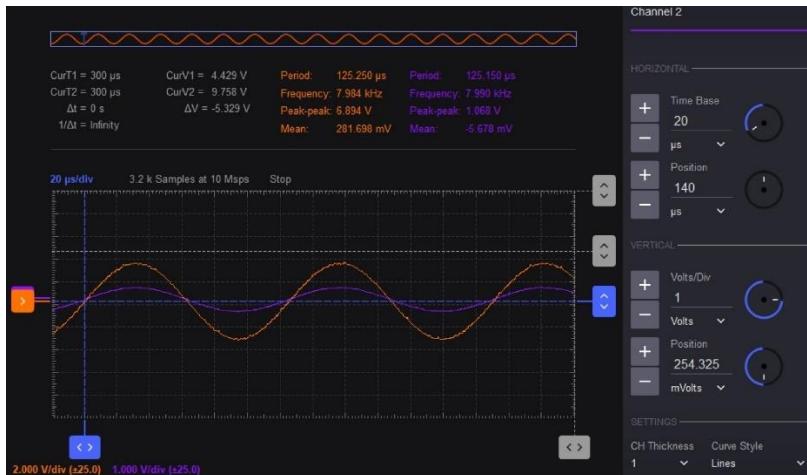


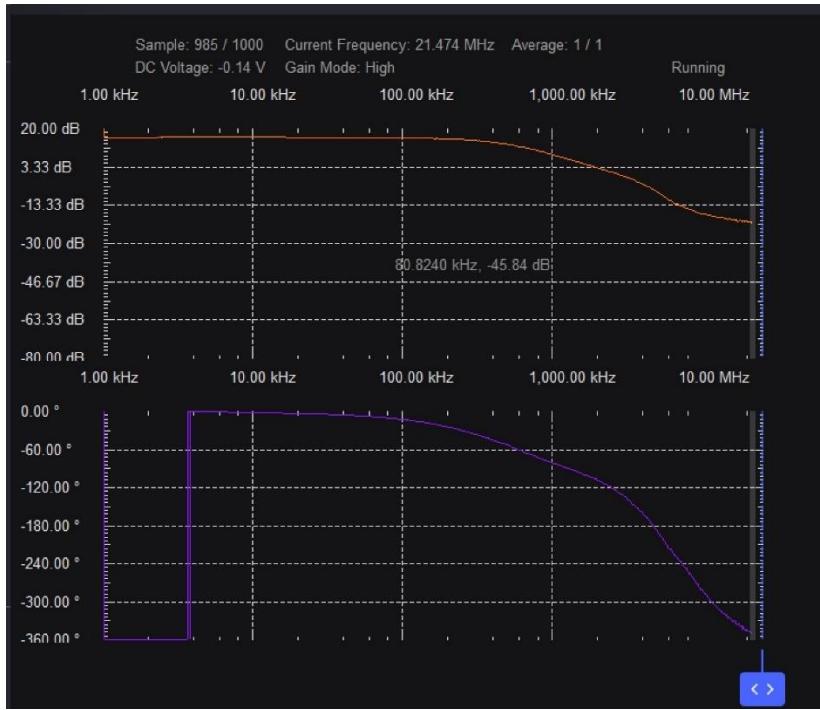


Simulări:

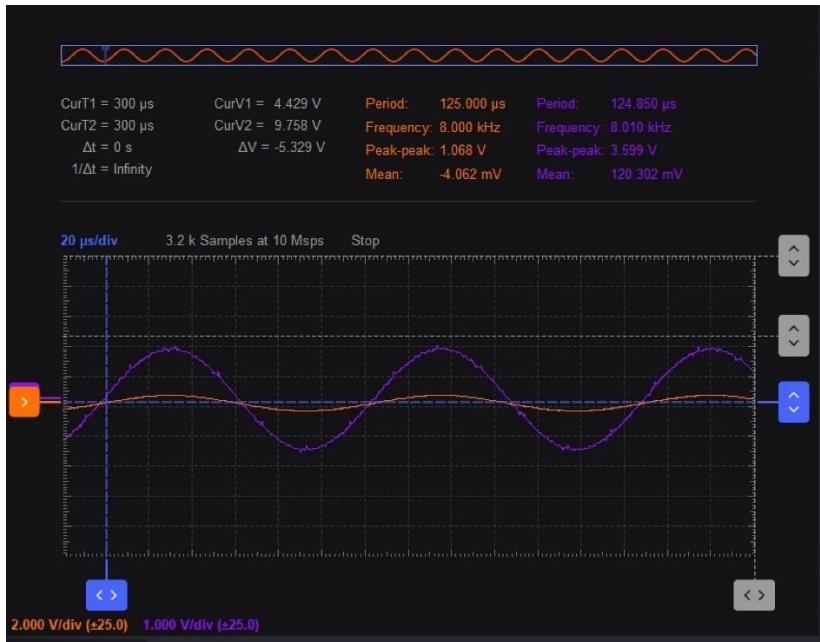
Trepte de câștig+ Bandă

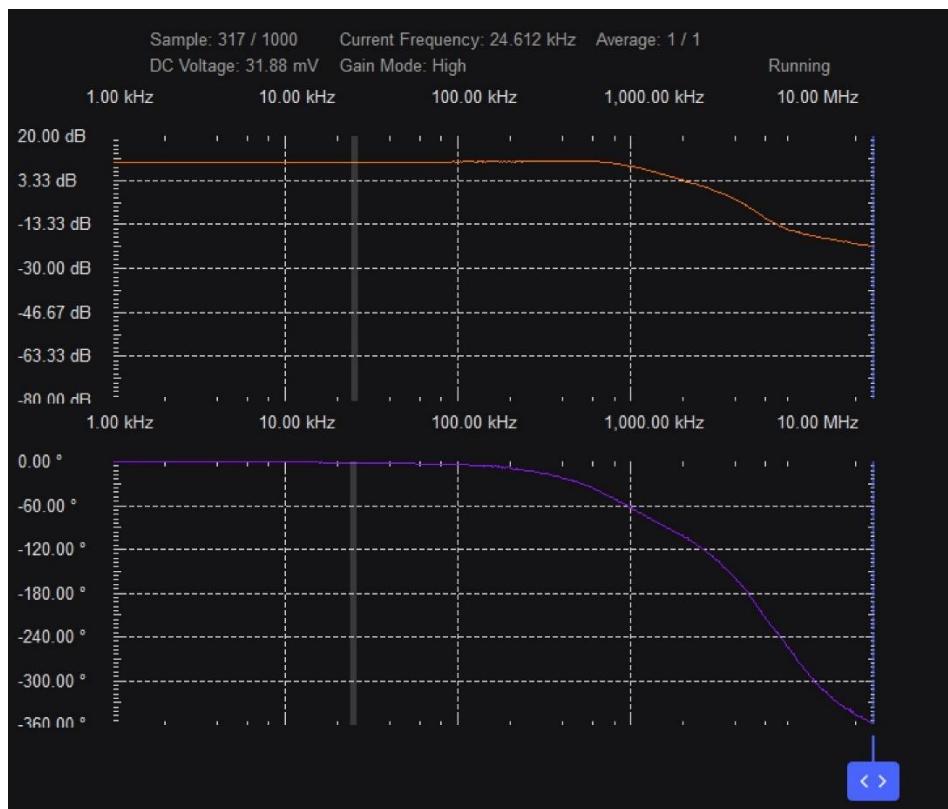
→câștig maxim: 16 dB-6.3





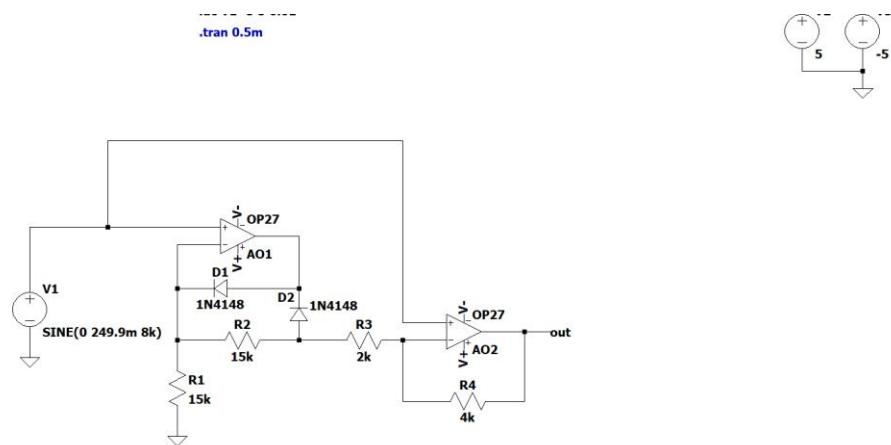
→ câștig minim: 10 dB -3.16

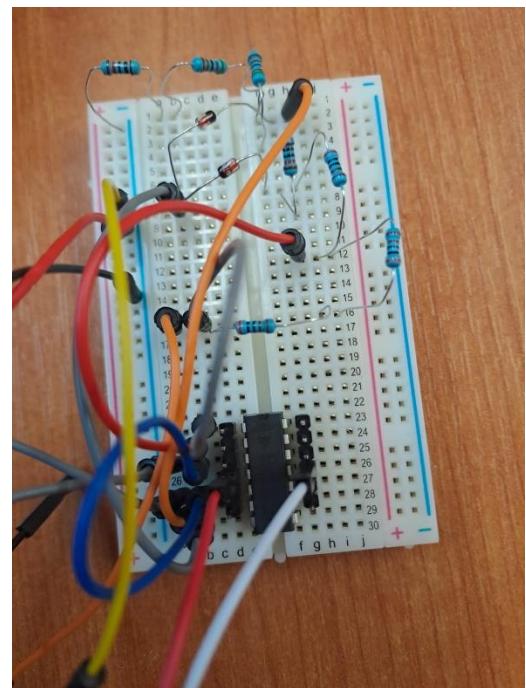
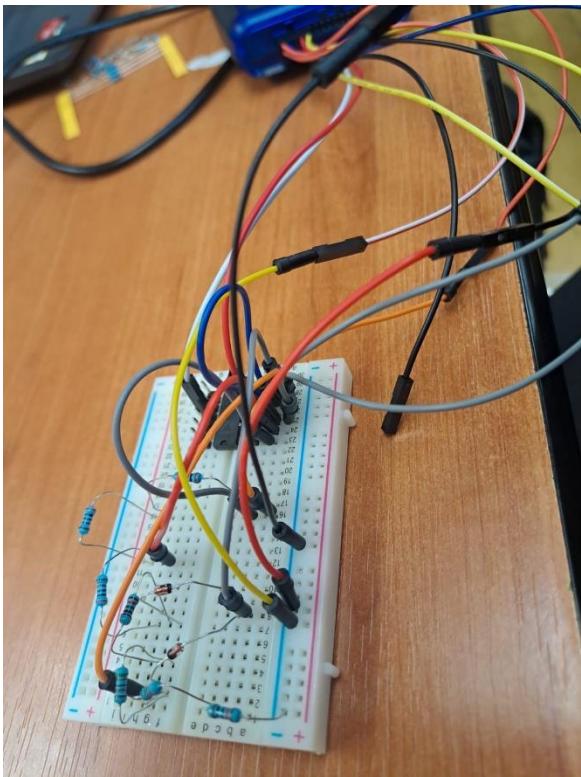
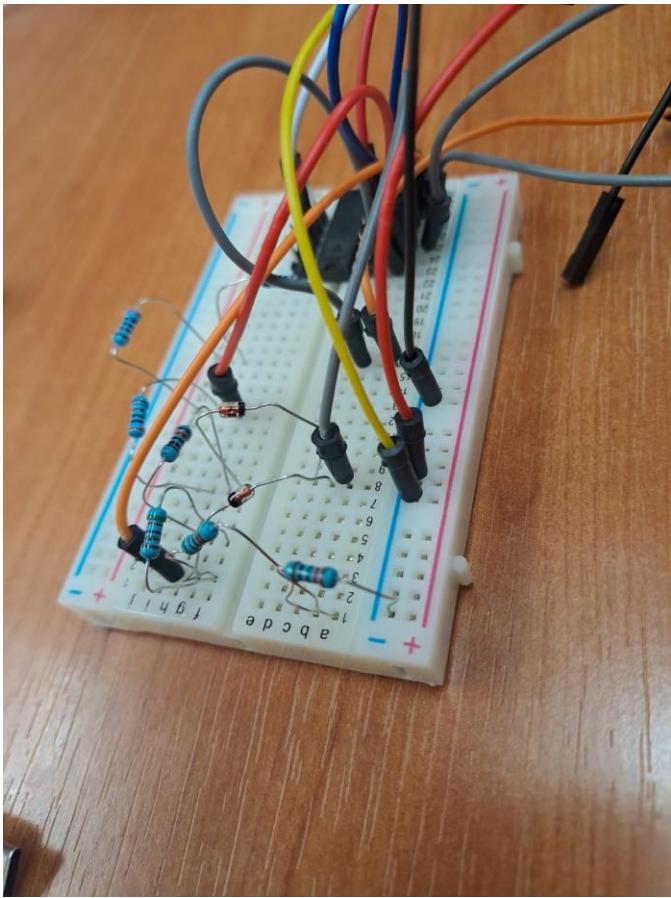




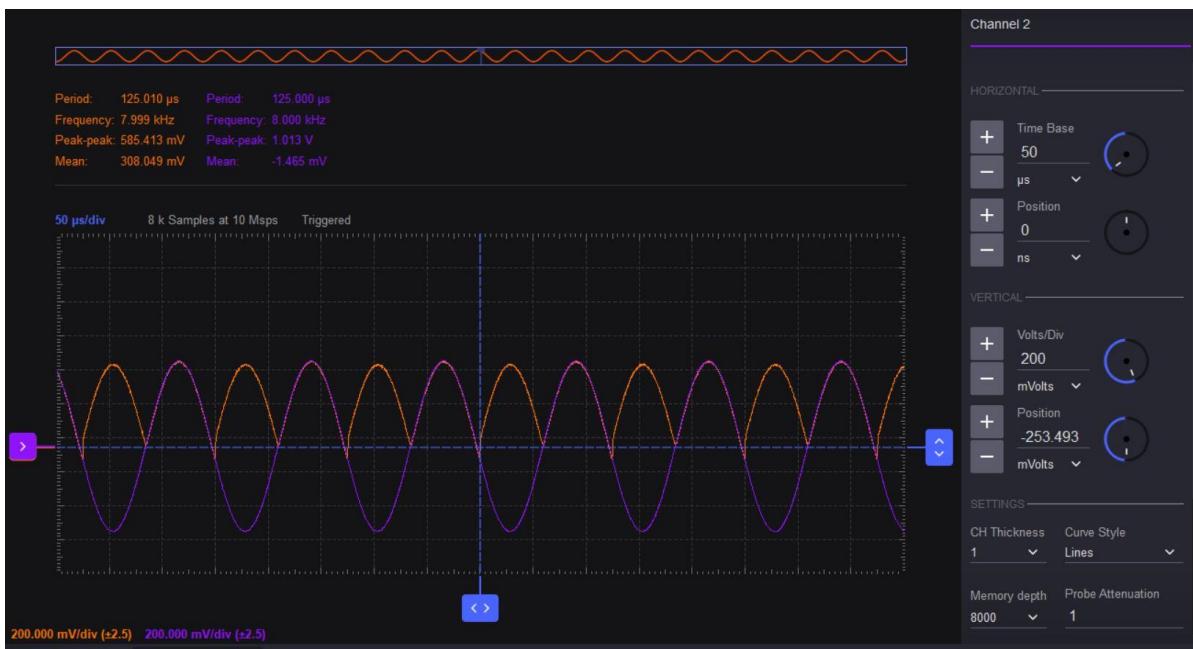
ETAJ 4

Schemă electrică:





Simulări:



4.CONCLUZII

Etaj 1

	Banda	SR
LTSpice	1.0258852MHz	$1.64154 \text{ V}/\mu\text{s}$
Scopy	200KHz	$0.23 \text{ V}/\mu\text{s}$

Etaj 2

	Câstig	Banda
LTSpice	1	8kHz
Scopy	0.7	10.7kHz

Etaj 3

	Câstig maxim	Câstig minim
LTSpice	15.95 dB	10.03dB
Scopy	15.98dB	9.67dB