

# PROIECT

# SISTEME CU CIRCUITE

# INTEGRATE ANALOGICE

NUME: IUREAN

PRENUME: ALEXANDRA PETRUTA

GRUPA: 2133

PROFESOR: NEAG MARIUS GHEORGHE

## 1. TEMATICA PROIECTULUI

### 1.1 SPECIFICATII INDIVIDUALE

#### 1.1.1 ETAJUL 1

Sursa semnal	Amplitudine minima (pentru câștig maxim PGA)	Amplitudine maxima (pentru câștig minim PGA)	Unitate măsură	Tip Etaj 1	Câștig   Etaj 1(linear)
2	4.49E-02	1.13E-01	V(diferențial)	5	10

#### 1.1.2 ETAJUL 2

Tip Etaj 2	$ H_0 $ câștig liniar in banda de trecere	Rintrare minim	Banda	Q
3	1	2.00E+3	1.00E+4	1.41

#### 1.1.3 ETAJUL 3

Tip Etaj 3	Câștig minim[dB]	Rezoluție (pas minim)[dB]	Număr pași	Câștig maxim[dB]	Rintrare minim
7	11	2	5	19	

#### 1.1.4 ETAJUL 4

Tip Etaj 4	Câștig  Etaj 4(liniar)
9	1

#### 1.1.5 TIP AMPLIFICATOR OPERATIONAL

Tip AO
4
LT6234 (+/-5V)

## 1.2 SPECIFICATII GENERALE

### 1.2.1 Sursa semnal

Nr	Mărime fizica	Tip sursa	Valoare DC	Amplitudine minima(pentru PGA setat la câștig maxim)[V sau A]	Amplitudine maxima(pentru PGA setat la câștig minim)[V sau A]	Frecvența maxima "fin_max"
2	Tensiune	Diferențial	0	Spec individual	Spec individual	=Banda filtru (LPF) sau fmax banda de trecere (BPF)

### 1.2.2 Etajul 1-Amplificator

Nr	Semnal de intrare	Semnal	Tip	Câștig (liniar)	Rin_min	Reglaj	Banda*	Liniaritate
5	Tensiune	Tensiune	Amplificator instrumentație cu 2 AO inversor	Spec individual	2.00E+3		>fin_max	Fără distorsiuni la fin_max pt ampl_in*câștig (SR,THD<1%)

### 1.2.3 Etajul 2-Filtru

Nr	Semnal intrare	Semnal ieșire	Tip funcție de transfer	Topologie	$H_0$ câștig in bandă de trecere	Rin_min	BW	$f_0$ frecvența centrală filtru trece-banda	Q	Liniaritate
3	Tensiune	Tensiune	Trece-jos LPF	Tow-Thomas V-V	1	2.00E+3	Spec individual	-	Spec individual	Fără distorsiuni la fin_max pt ampl_in*câștig (SR,THD<1%)

### 1.2.4 Etajul 3-PGA

Nr	Tip	Câștig minim [dB]	Rezoluție (pas minim)	Număr pași	Câștig maxim [dB]	Rin_min	Banda	Liniaritate
7	Neinversor, RG conexiune paralel	Spec individual	Spec individual	Spec individual	Spec individual	>fin_max		Fără distorsiuni la fin_max pt ampl_in_min*câștig_max_PGA si ampl_in_max*câștig_min_PGA (THD<1%)

### 1.2.5 Etajul 4-Redresor/Convertor AC-DC/Detector de vârf

Nr	Tip	Câștig	Semnal mare-circuitul are funcția dorita pe domeniul=
9	Redresor dublu alternanta FWR	1	Vin_max*câștig

### 1.2.6 Tip Amplificator Operațional

Nr	Denumire	Tensiune de alimentare
4	LT6234	+/-5V

## 2. DIMENSIONAREA ETAJELOR 1/2/3/4

### 2.1 Etajul 1-Amplificator de instrumentație cu 2 AO, inversor, intrare în V

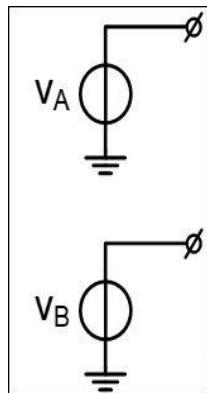


Figura 1. Sursa de semnal

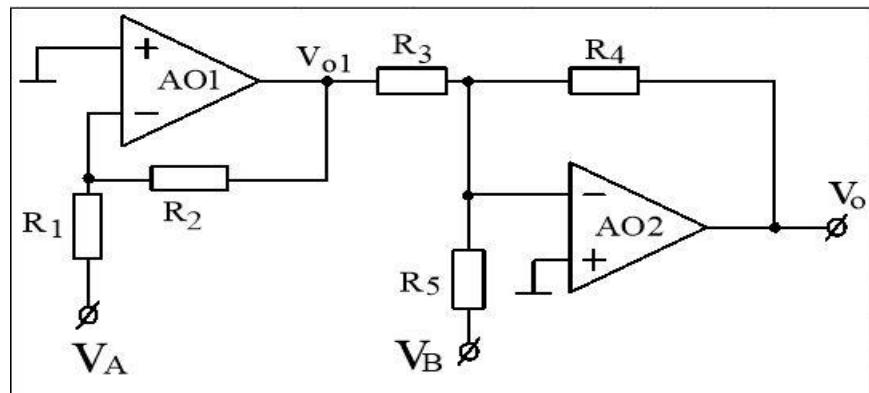


Figura 2. Amplificator de instrumentație cu 2 AO, inversor

$$AO1: V_{O1} = -\frac{R_2}{R_1} V_A$$

AO2:  $\exists R, N$

$$\Rightarrow V^+ = V^-$$

$$V^+ = 0$$

$$V^- = \frac{\frac{V_{o1}}{R_3} + \frac{V_{out}}{R_4} + \frac{V_B}{R_5}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{o1}}{R_3} + \frac{V_{out}}{R_4} + \frac{V_B}{R_5} = 0$$

$$\Rightarrow V_{out} = -\left( \frac{V_{o1}}{R_3} + \frac{V_B}{R_5} \right) R_4$$

$$\Rightarrow V_{out} = -\left( -\frac{R_2}{R_1 R_3} V_A + \frac{V_B}{R_5} \right) R_4 = \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} V_A - \frac{R_4}{R_5} V_B$$

$$\rightarrow \text{amplificator diferențial} \Leftrightarrow \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} = \frac{R_4}{R_5} \Rightarrow R_1 R_3 = R_2 R_5$$

$$\Rightarrow V_{out} = \frac{R_4}{R_5} \Rightarrow \frac{R_4}{R_5} = 10 \Rightarrow \text{aleg } R_5 = 1k\Omega \Rightarrow R_4 = 10k\Omega$$

$$R_1 = R_5 = 1k\Omega, R_2 = R_3 = 1k\Omega$$

$$\frac{10kR_2}{1kR_3} = \frac{10k}{1k} \Rightarrow \frac{10R_2}{R_3} = 10 \Rightarrow 10R_2 = 10R_3 \Rightarrow R_2 = R_3, \text{ aleg } R_2 = 1k$$

## 2.2 Etajul 2-Filtru Tow-Thomas

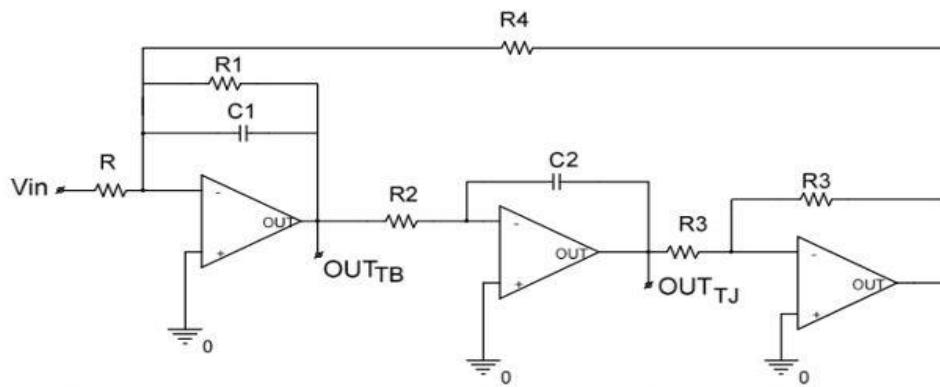


Figura 3. Filtru Tow-Thomas, Trece-jos

$$H_0 = \frac{R_4}{R}, C_1 = C_2 = C$$

$$R_2 = R_4$$

$$\omega_C = \frac{1}{\sqrt{R_2 R_4 C_1 C_2}} \Rightarrow \omega_C = \frac{1}{R_2 C}$$

$$Q = R_1 \sqrt{\frac{C_1}{C_2} \frac{1}{R_2 R_4}} \Rightarrow Q = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{R_4}{R} \Rightarrow R_4 = R \Rightarrow \text{aleg } R_4 = 5k\Omega \Rightarrow R = 5k\Omega$$

$$\Rightarrow 1.41 = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow R_1 = 1.41 R_2 \Rightarrow R_2 = 5k\Omega \Rightarrow R_1 = 7.05k\Omega$$

$$-\text{aleg } R_3 = 1k$$

$$\omega_C = 2\pi f_c = 6.28 \cdot 10 \cdot 10^3 = 62,8k$$

$$\omega_C = \frac{1}{R_2 C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega_C C} = \frac{1}{62.8k \cdot 10^3 \cdot 5k} = 3.18nF$$

## 2.2 Etajul 3-PGA, $R_G$ paralel

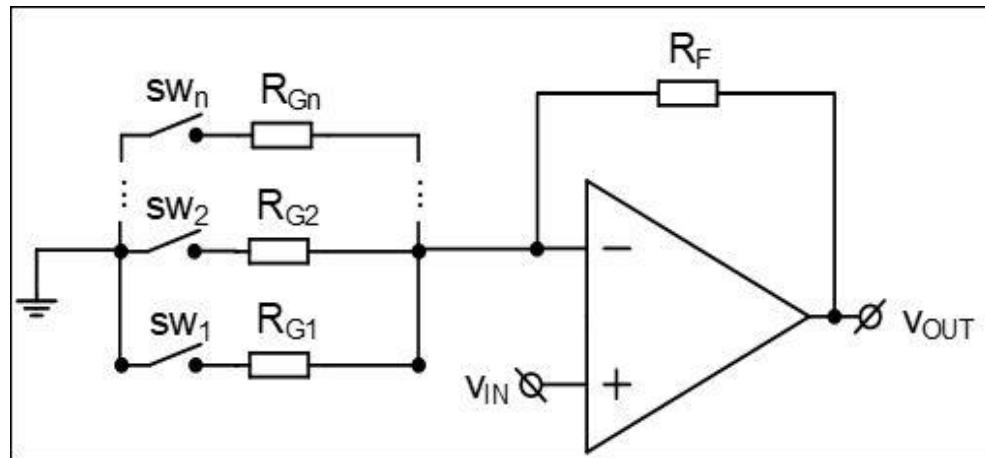


Figura 4. PGA, Neinversor, RG conexiune paralel

$$A_V = \{11\text{dB}, 13\text{dB}, 15\text{dB}, 17\text{dB}, 19\text{dB}\} = \{3.54 \approx 4, 4.46 \approx 5, 5.62 \approx 6, 7.01 \approx 7, 8.91 \approx 9\}$$

Sw1	Sw2	Sw3	Sw4	Sw5	$A_V = 1 + R_F/R_{G_{ech}}$
VDD	0	0	0	0	$1 + R_F/R_{G1} = 4$
VDD	VDD	0	0	0	$1 + R_F / (R_{G1} \parallel R_{G2}) = 5$
VDD	VDD	VDD	0	0	$1 + R_F / (R_{G1} \parallel R_{G2} \parallel R_{G3}) = 6$
VDD	VDD	VDD	VDD	0	$1 + R_F / (R_{G1} \parallel R_{G2} \parallel R_{G3} \parallel R_{G4}) = 7$
VDD	VDD	VDD	VDD	VDD	$1 + R_F / (R_{G1} \parallel R_{G2} \parallel R_{G3} \parallel R_{G4} \parallel R_{G5}) = 9$

$$1. sw_1 = ON \Rightarrow 1 + \frac{R_F}{R_{G1}} = 4 \Rightarrow \frac{R_F}{R_{G1}} = 3 \Rightarrow \text{aleg } R_F = 15k\Omega \Rightarrow R_{G1} = 5k\Omega$$

$$2. sw_1, sw_2 = ON \Rightarrow 1 + \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}} = 5 \Rightarrow \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}} = 4 \Rightarrow 15k = 4 \left( \frac{R_{G1}R_{G2}}{R_{G1}+R_{G2}} \right)$$

$$\Rightarrow 15k = 4 \frac{5kR_{G2}}{5k+R_{G2}} \Rightarrow 75 \cdot 10^6 + 15kR_{G2} = 20kR_{G2} \Rightarrow R_{G2} = 15k$$

$$3. sw_1, sw_2, sw_3 = ON \Rightarrow 1 + \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}} = 6 \Rightarrow \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}} = 5 \Rightarrow R_{G1}||R_{G2} = 3 \cdot 75k$$

$$\Rightarrow 15k = 5 \left( \frac{3 \cdot 75kR_{G3}}{3 \cdot 75k+R_{G3}} \right) \Rightarrow 56.25 \cdot 10^6 + 15kR_{G3} = 18 \cdot 75kR_{G3} \Rightarrow R_{G3} = 15k$$

$$4. sw_1, sw_2, sw_3, sw_4 = ON \Rightarrow 1 + \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}||R_{G4}} = 7 \Rightarrow \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}||R_{G4}} = 6 \Rightarrow R_{G1}||R_{G2}||R_{G3} = 3k$$

$$\Rightarrow 15k = 6 \left( \frac{3kR_{G4}}{3k+R_{G4}} \right) \Rightarrow 45 \cdot 10^6 + 15kR_{G4} = 18kR_{G4} \Rightarrow R_{G4} = 15k$$

$$5. sw_1, sw_2, sw_3, sw_4, sw_5 = ON \Rightarrow 1 + \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}||R_{G4}||R_{G5}} = 9 \Rightarrow \frac{R_F}{R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}||R_{G4}||R_{G5}} = 8$$

$$\Rightarrow R_{G1}||R_{G2}||R_{G3}||R_{G4} = 2.5k$$

$$\Rightarrow 15k = 8 \left( \frac{2.5kR_{G6}}{2.5k+R_{G5}} \right) \Rightarrow 37.5 \cdot 10^6 + 15kR_{G5} = 20kR_{G5} \Rightarrow R_{G5} = 7.5k$$

## 2.2 Etajul 4-Redresor dublu alternanta

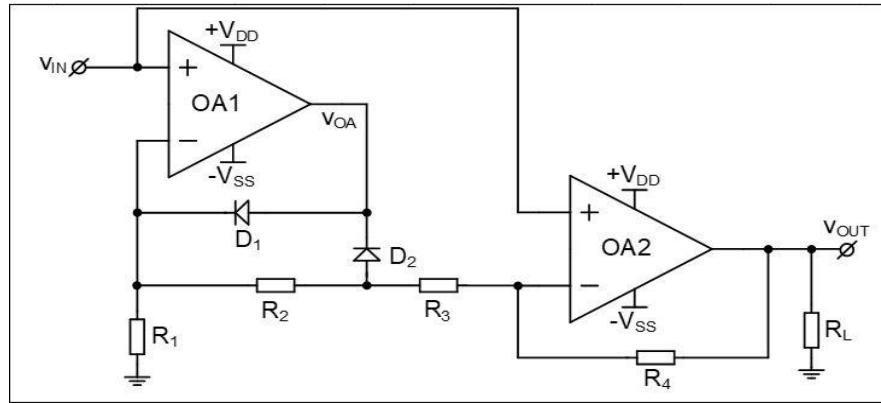


Figura 5. Redresor dublu alternanta

Presupunem  $D_1$  și  $D_2 = \text{OFF}$

$$1. V_{IN} = +V_{DD}$$

$$V^+ = V_{IN} = +V_{DD}$$

$$\Rightarrow V^+ > V^- \Rightarrow V_{AO1} = +V_{DD} \Rightarrow D_1 = \text{ON}, D_2 = \text{OFF}$$

$$AO1: \exists R, N \Rightarrow V_1^+ = V_1^- \Rightarrow V_1^+ = V_{IN}$$

$$AO1 = \text{Repetor} \Rightarrow V_{AO1} = V_{IN} \Rightarrow V_1^- = V_{AO1} = V_{IN}$$

$$AO2: \exists R, N \Rightarrow V_2^+ = V_2^-$$

$$I_{R2} = I_{R3} = \frac{V_1^- - V_{IN}}{R_2 + R_3} = \frac{V_{IN} - V_{IN}}{R_2 + R_3} = 0 \Rightarrow V_{out} = V_{IN}, V_{IN} > 0$$

$$2. V_{IN} = -V_{SS}$$

$$V^+ = V_{IN} = -V_{SS}$$

$$\Rightarrow V^+ < V^- \Rightarrow V_{AO1} = -V_{SS} \Rightarrow D_1 = \text{OFF}, D_2 = \text{ON}$$

$$AO1: \exists R, N \Rightarrow V_1^+ = V_1^- \Rightarrow V_1^+ = V_{IN}$$

$$V_{-1} = \frac{\frac{0}{R_1} + \frac{V_{AO}}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow \frac{V_{AO}}{R_2} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V_{IN} \Rightarrow V_{AO} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{IN}$$

$$AO2: \exists R, N \Rightarrow V_{+2}^+ = V_{-2}^- \Rightarrow V_{+2}^+ = V_{IN}$$

$$V_{-1} = \frac{\frac{V_{AO}}{R_3} + \frac{V_{out}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \Rightarrow \frac{V_{AO}}{R_3} + \frac{V_{out}}{R_4} = \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) V_{IN}$$

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

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

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

$$\Rightarrow V_{out} = \left[ \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) V_{IN} - V_{IN} \left( \frac{1}{R_3} + \frac{R_2}{R_1 R_3} \right) \right] R_4$$

$$\Rightarrow V_{out} = \frac{R_4}{R_3} V_{IN} + V_{IN} - \frac{R_4}{R_3} V_{IN} - \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} V_{IN}$$

$$\Rightarrow V_{out} = \left( 1 - \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} \right) V_{IN}, \quad V_{IN} < 0$$

### CONCLUZIE:

$$V_{out} = V_{IN}, \quad V_{IN} > 0$$

$$V_{out} = \left( 1 - \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} \right) V_{IN}, \quad V_{IN} < 0$$

$$1 - \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} = -1 \Rightarrow \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} = 2 \Rightarrow \text{aleg } R_2 = R_3 = 1k \Rightarrow 2R_1 R_3 = R_2 R_4$$

$$\Rightarrow R_4 = 2R_1 \Rightarrow \text{aleg } R_1 = 10k \Rightarrow R_4 = 20k$$

### 3. CARACTERIZAREA ETAJELOR 1/2/3/4

#### 3.1 Etajul 1-Amplificator de instrumentație cu 2 AO, inversor

##### 3.1.1 Analiza DC-OP

###### A. Punctul static de funcționare (PSF)

-pentru a afișa PSF-ul în cazul etajului 1, am utilizat o analiza de tip DC-OP

Rezultate:

--- Operating Point ---		
V(n003) :	0.00149874	voltage
V(v-) :	-5	voltage
V(v+) :	5	voltage
V(n002) :	-6.55342e-07	voltage
V(vout) :	-3.05243e-07	voltage
V(n001) :	-6.3899e-07	voltage
V(n007) :	0	voltage
V(n004) :	0	voltage
V(n006) :	0	voltage
V(n005) :	0	voltage
V(n10) :	0.00149874	voltage
V(n009) :	-6.55342e-07	voltage
V(outcm) :	-3.05243e-07	voltage
V(n008) :	-6.3899e-07	voltage
V(n014) :	0	voltage
V(n11) :	0	voltage
V(n13) :	0	voltage
V(n12) :	0	voltage
V(n017) :	0.00149874	voltage
V(n16) :	-6.55341e-07	voltage
V(outputs) :	-0.00249874	voltage
V(+v_ps) :	15	voltage
V(n15) :	-5.65929e-07	voltage
V(n021) :	0	voltage
V(n18) :	0	voltage
V(n20) :	0	voltage
V(n19) :	0	voltage
I(R2) :	1.49939e-06	device_current
I(R3) :	-1.49938e-06	device_current
I(R4) :	3.33747e-11	device_current
I(R5) :	-6.3899e-10	device_current
I(R1) :	-6.55342e-10	device_current
I(R6) :	1.49939e-06	device_current
I(R7) :	-1.49938e-06	device_current
I(R8) :	3.33747e-11	device_current
I(R9) :	-6.3899e-10	device_current
I(R10) :	-6.55342e-10	device_current
I(R11) :	1.49939e-06	device_current
I(R12) :	-1.4993e-06	device_current

---		
I(R13) :	-2.49818e-07	device_current
I(R14) :	-5.65929e-10	device_current
I(R15) :	-6.55341e-10	device_current
I(B1) :	-6.55342e-10	device_current
I(B2) :	6.3899e-10	device_current
I(B3) :	-6.55342e-10	device_current
I(B4) :	6.3899e-10	device_current
I(B5) :	-6.55341e-10	device_current
I(B6) :	5.65929e-10	device_current
I(V1) :	-0.00520623	device_current
I(V2) :	0.00626233	device_current
I(Vicm1) :	-1.29433e-09	device_current
I(Vin1) :	0	device_current
I(Vicm2) :	-1.29433e-09	device_current
I(Vin2) :	0	device_current
I(Vicm3) :	-1.22127e-09	device_current
I(Vin3) :	0	device_current
I(V3) :	-0.00104735	device_current
Ix(u1:1) :	1.5001e-06	subckt_current
Ix(u1:2) :	1.50005e-06	subckt_current
Ix(u1:3) :	-2.99877e-06	subckt_current
Ix(u1:4) :	0.00104185	subckt_current
Ix(u1:5) :	-0.00104185	subckt_current
Ix(u2:1) :	1.5001e-06	subckt_current
Ix(u2:2) :	1.50005e-06	subckt_current
Ix(u2:3) :	-3.33747e-11	subckt_current
Ix(u2:4) :	0.00104035	subckt_current
Ix(u2:5) :	-0.00104335	subckt_current
Ix(u3:1) :	1.5001e-06	subckt_current
Ix(u3:2) :	1.50005e-06	subckt_current
Ix(u3:3) :	-2.99877e-06	subckt_current
Ix(u3:4) :	0.00104185	subckt_current
Ix(u3:5) :	-0.00104185	subckt_current
Ix(u4:1) :	1.5001e-06	subckt_current
Ix(u4:2) :	1.50005e-06	subckt_current
Ix(u4:3) :	-3.33747e-11	subckt_current
Ix(u4:4) :	0.00104035	subckt_current
Ix(u4:5) :	-0.00104335	subckt_current
Ix(u5:1) :	1.5001e-06	subckt_current
Ix(u5:2) :	1.50005e-06	subckt_current
Ix(u5:3) :	-2.99877e-06	subckt_current

Ix(u5:4) :	0.00104185	subckt_current
Ix(u5:5) :	-0.00104185	subckt_current
Ix(u6:1) :	1.2501e-06	subckt_current
Ix(u6:2) :	1.25005e-06	subckt_current
Ix(u6:3) :	2.49828e-07	subckt_current
Ix(u6:4) :	0.00104735	subckt_current
Ix(u6:5) :	-0.0010501	subckt_current

## B. Compensare/ajustare nivel DC la ieșire

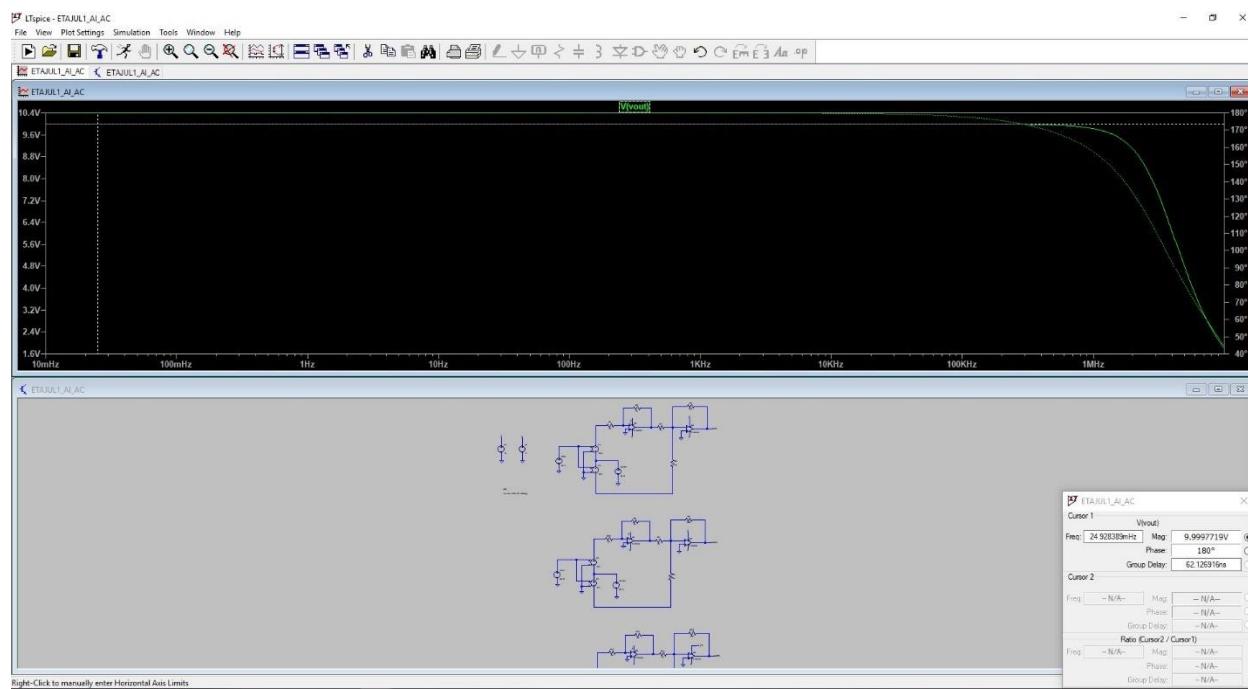
-pentru a realiza compensarea/ajustarea nivelului DC la ieșire, am putea adăuga un condensator de cuplare la ieșirea "Vout" pentru a filtra componenta DC. Acesta va permite semnalului AC să treacă, dar va bloca componenta DC. Aleg valoarea condensatorului să fie egală cu 10nF.

### 3.1.2 Analiza AC

#### A. Câștigul la joasă frecvență

-pentru a măsura câștigul la joasă frecvență am utilizat o analiză de tip AC, am afișat ieșirea și am dus cursoarele la o frecvență joasă

Rezultat:

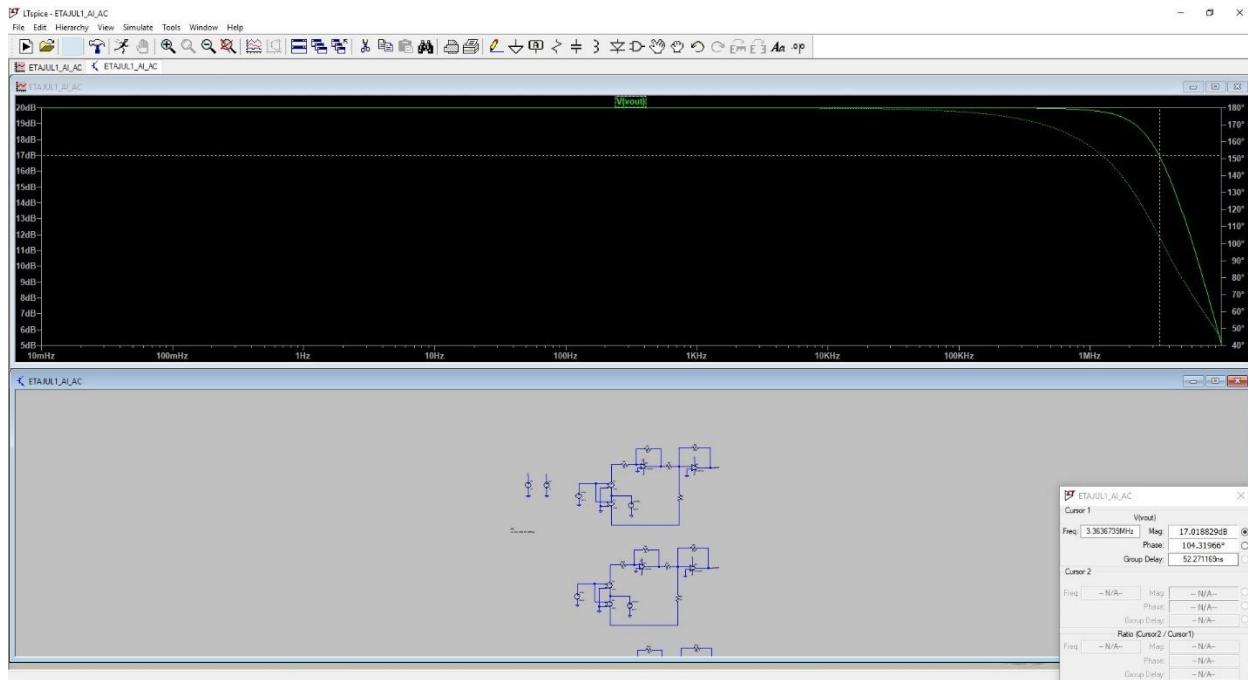


-am obținut un câștig de 9.99V, adică de aproximativ 10V, la fel ca și în specificații

## B. Banda

-pentru a măsura banda am plotat ieșirea și am dus cursorul la -3dB față de câștigul maxim, adică la 17dB și am obținut o valoare de 3.36MHz, valoare mai mare decât banda filtrului

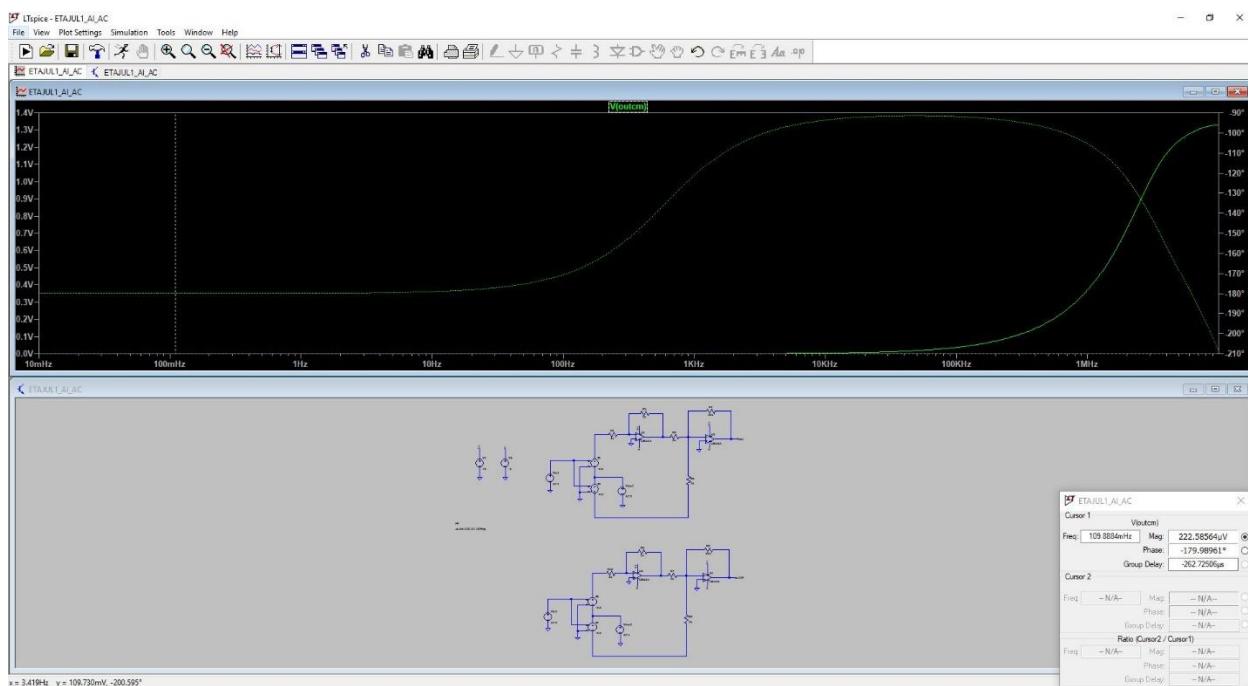
## Rezultat:

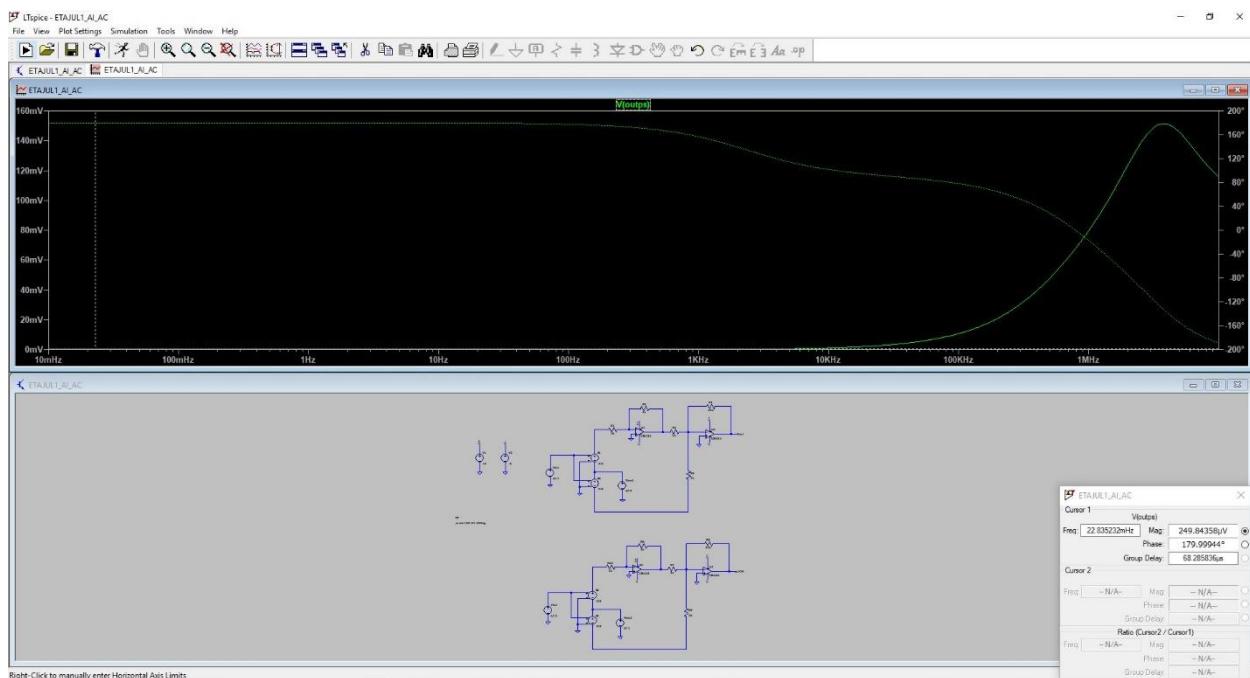


## C. CMRR, PSRR

-am măsurat amplitudinea diferențială, apoi amplitudinea de mod comun și amplitudinea rejecției riplului de pe linia de alimentare

## Rezultate:





-am calculat CMRR cu formula:  $CMRR_{dB} = AD_{dB} - AC_{dB}$

-am calculat PSRR cu formula:  $PSRR_{dB} = AD_{dB} - APS_{dB}$

$$AD_{dB} = 20_{dB}$$

$$AC_{dB} = 73_{dB}$$

$$\Rightarrow CMRR_{dB} = 20_{dB} - (-73_{dB}) = 93_{dB}$$

$$AD_{dB} = 20_{dB}$$

$$APS_{dB} = 72_{dB}$$

$$\Rightarrow PSRR_{dB} = 20_{dB} - (-72_{dB}) = 92_{dB}$$

-valorile obținute se regăsesc și în foaia de catalog a amplificatorului LT6234

CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_S = 5V, V_{CM} = 1.5V \text{ to } 4V$	90	115	dB
		$V_S = 3.3V, V_{CM} = 1.15V \text{ to } 2.65V$	85	110	dB
	CMRR Match (Channel-to-Channel) (Note 6)	$V_S = 5V, V_{CM} = 1.5V \text{ to } 4V$	84	115	dB

623349fc



3

### LT6233/LT6233-10 LT6234/LT6235

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25^\circ C, V_S = 5V, 0V; V_S = 3.3V, 0V; V_{CM} = V_{OUT} = \text{half supply}, ENABLE = 0V, \text{unless otherwise noted.}$

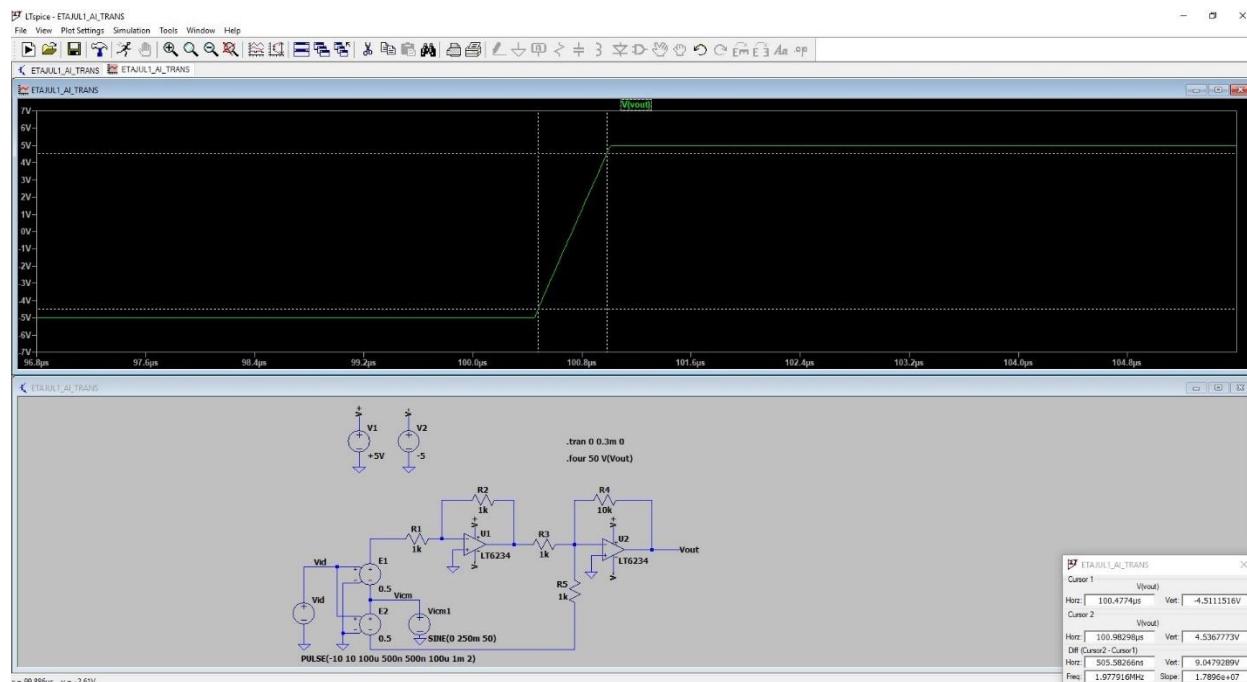
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 3V \text{ to } 10V$	90	115		dB
	PSRR Match (Channel-to-Channel) (Note 6)	$V_S = 3V \text{ to } 10V$	84	115		dB
	Minimum Supply Voltage (Note 7)		3			V

### 3.1.3 Analiza Transient

#### A. Slew Rate

-am înlocuit sursa de intrare cu o sursă de tip PULSE, am plotat ieșirea și am calculat SR între 10% și 90% din pantă

Rezultat:



$$SR = \frac{9.04V}{0.505\mu s} = 17.9\mu s$$

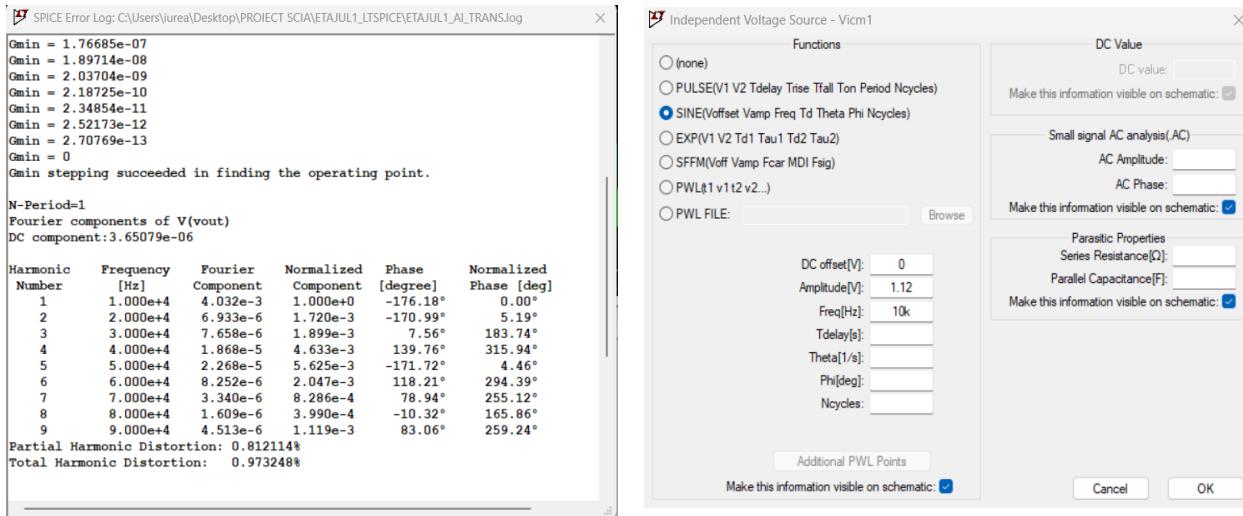
-în foaia de catalog se poate observa faptul că, SR trebuie să fie minim 10V/us

SR	Slew Rate	$V_S = 5V, A_V = -1, R_L = 1k, V_0 = 1.5V \text{ to } 3.5V$ $LT6233-10, V_S = 5V, A_V = -10, R_L = 1k, V_0 = 1.5V \text{ to } 3.5V$	10	15	V/ $\mu s$
			80		V/ $\mu s$

#### B. Liniaritate

-pentru a avea un THD cât mai mic (<1%), am respectat indicațiile din specificațiile generale, adică am pus o sursă de tensiune sinusoidală la intrarea circuitului, cu următoarele valori: frecvență de 10kHz (fin\_max) și amplitudinea egală cu 1.12V(ampl\_in\*câstig)

## Rezultat:



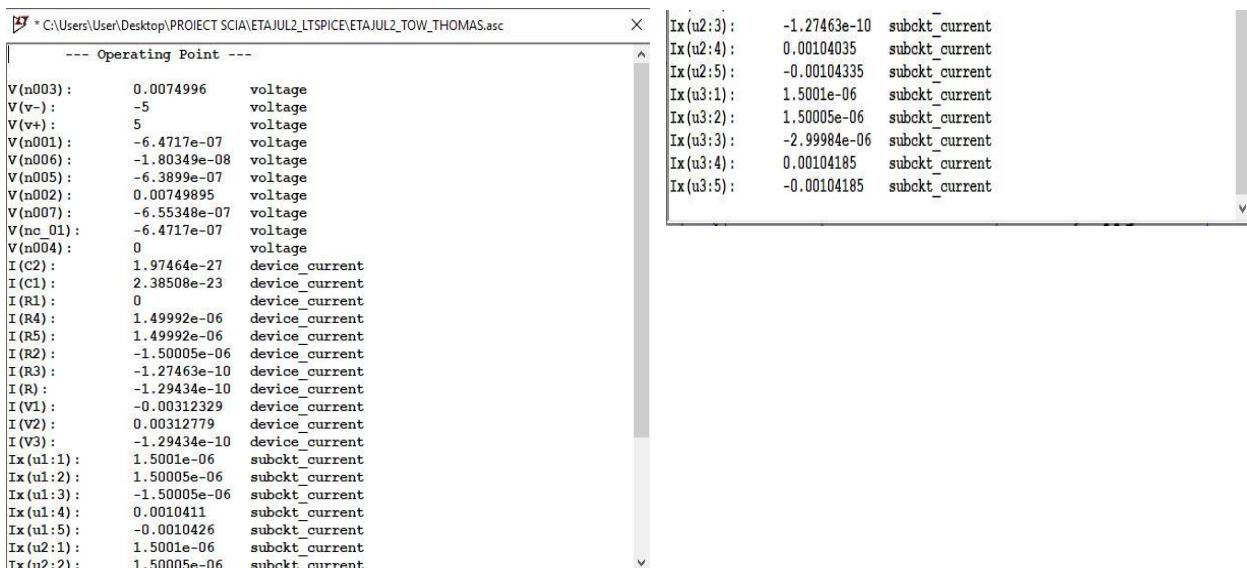
## 3.2 Etajul 2-Filtru Tow-Thomas, FTJ

### 3.2.1 Analiza DC-OP

#### A. Punctul static de funcționare (PSF)

-pentru a afișa PSF-ul în cazul etajului 2, am utilizat o analiza de tip DC-OP

Rezultate:

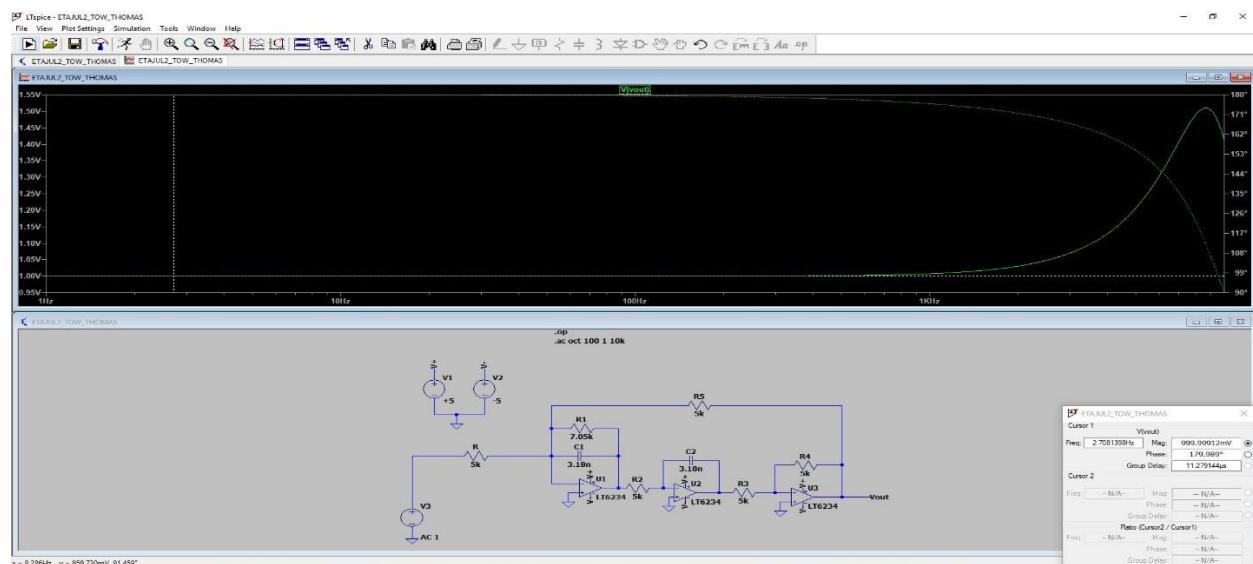


### 3.2.2 Analiza AC

#### A. Câștig în banda de trecere

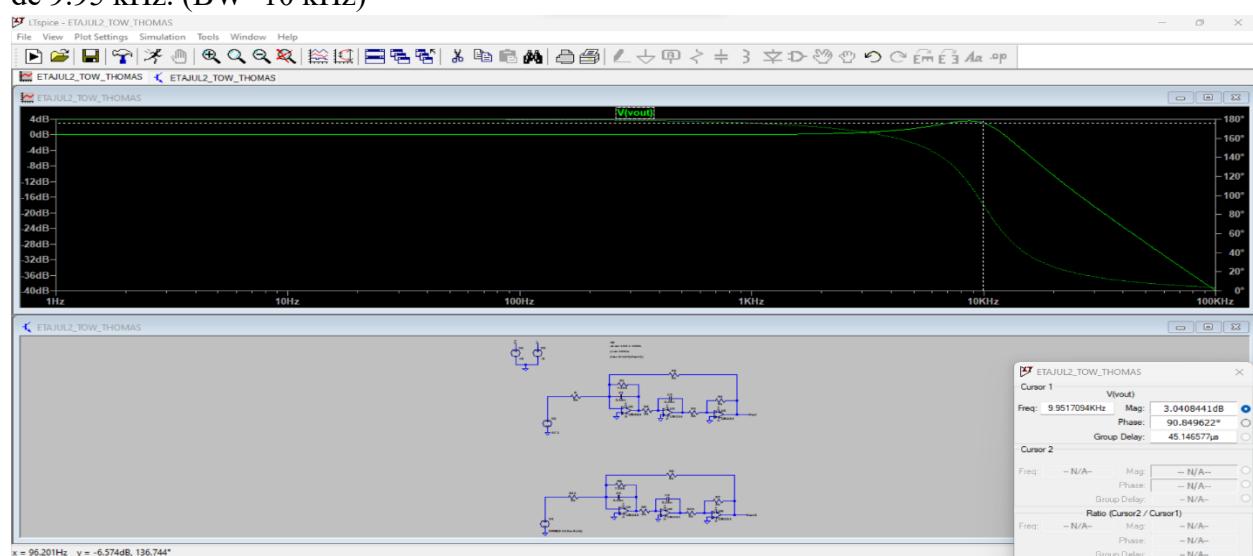
-am folosit o analiză de tip AC pentru a măsura câștigul în banda de trecere ( $H_0$ )

Rezultat:



#### B. Banda

-pentru a măsura banda am plotat ieșirea și am poziționat cursorul la  $90^\circ$  și am obținut o valoare de 9.95 kHz. ( $BW=10$  kHz)

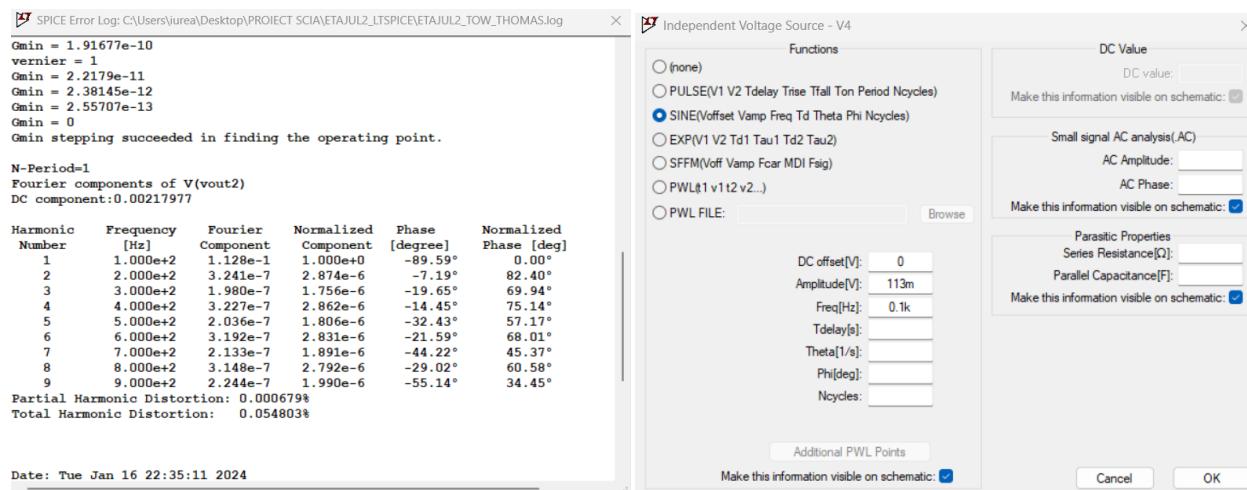


### 3.2.3 Analiza Transient

#### A. Liniaritate

- pentru a avea un THD cât mai mic (<1%), am respectat indicațiile din specificațiile generale, adică am pus o sursă de tensiune sinusoidală la intrarea circuitului, care are următoarele valori: frecvența de 0.1kHz (fin\_max/10) și amplitudinea egală cu 113mV (ampl\_in\*câștig)

Rezultat:



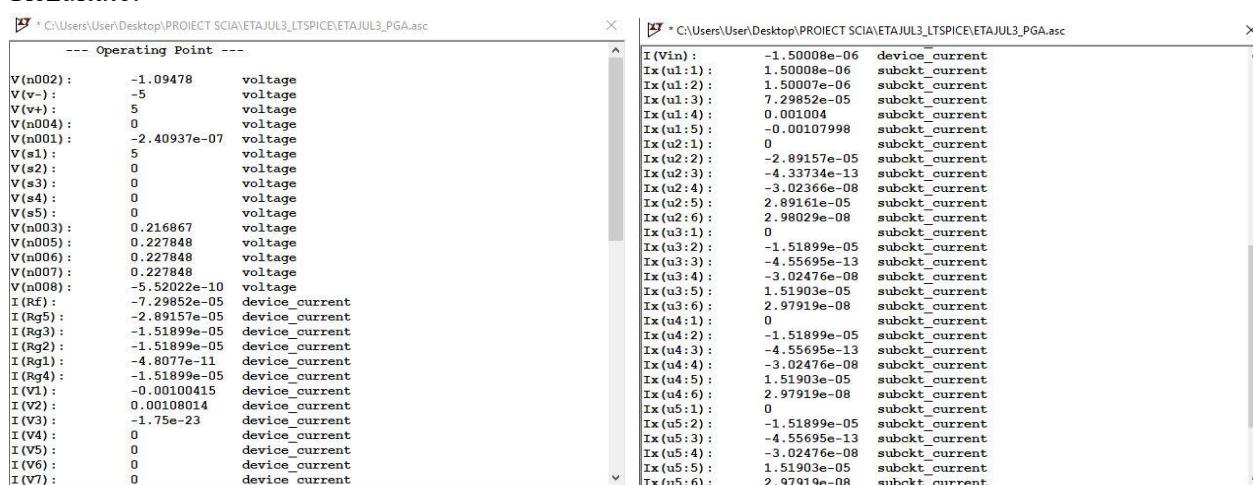
### 3.3 Etajul 3-PGA, RG paralel

#### 3.3.1 Analiza DC-OP

#### A. Punctul static de funcționare (PSF)

-pentru a afișa PSF-ul în cazul etajului 3, am utilizat o analiza de tip DC-OP

Rezultate:



```
Ix(u6:1) : 1.75e-23 subckt_current
Ix(u6:2) : -4.80771e-11 subckt_current
Ix(u6:3) : 2.38371e-11 subckt_current
Ix(u6:4) : -3.00198e-08 subckt_current
Ix(u6:5) : 2.424e-11 subckt_current
Ix(u6:6) : 3.00198e-08 subckt_current
```

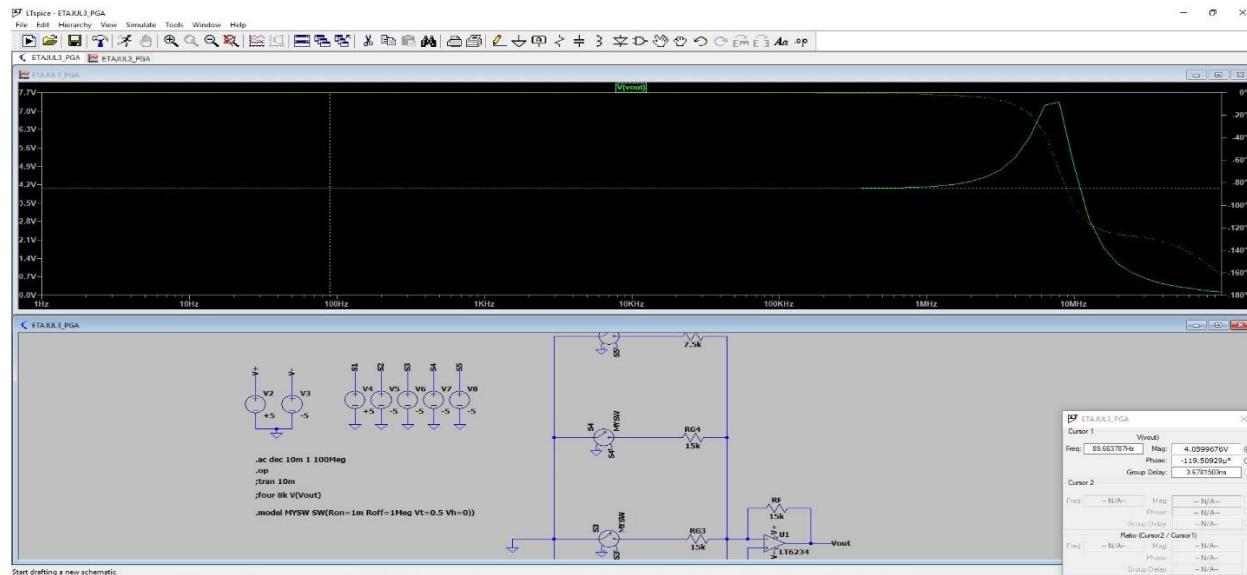
### 3.3.2 Analiza AC

#### A. Câștigul

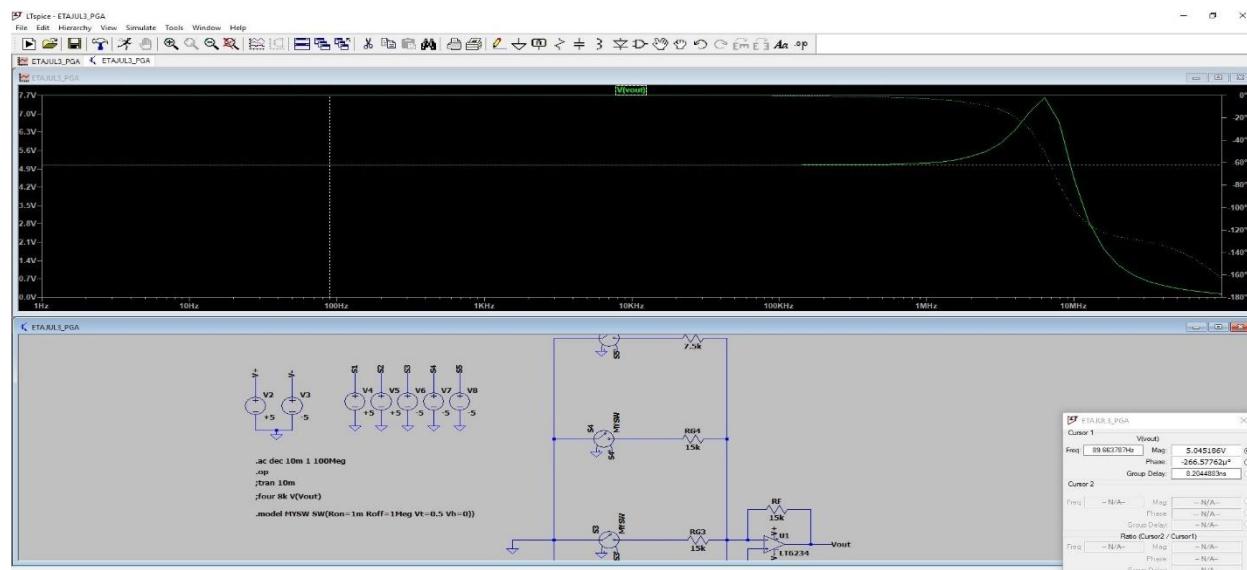
-pentru a măsura câștigul am utilizat o analiză de tip AC, am plotat ieșirea pentru fiecare ramură, activând switch-urile pe rând și am dus cursorul la o frecvență joasă

Rezultat:

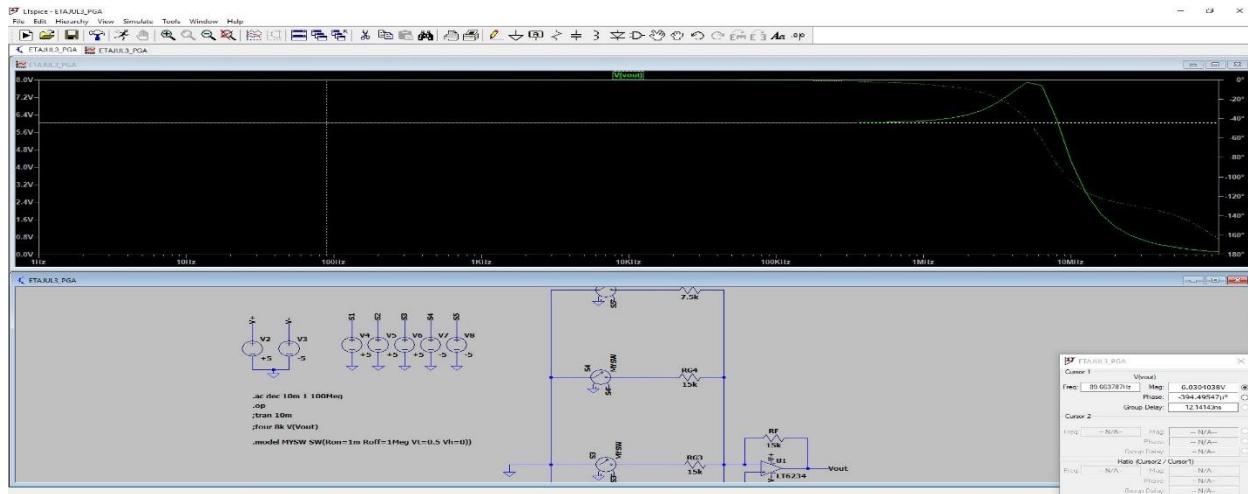
1.SW1=ON



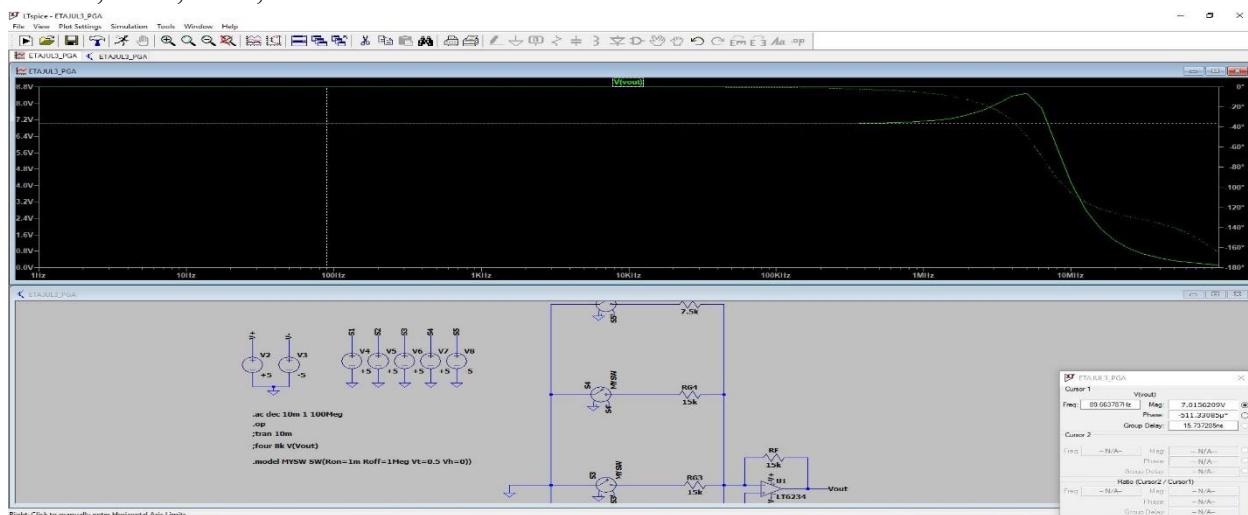
2.SW1, SW2=ON



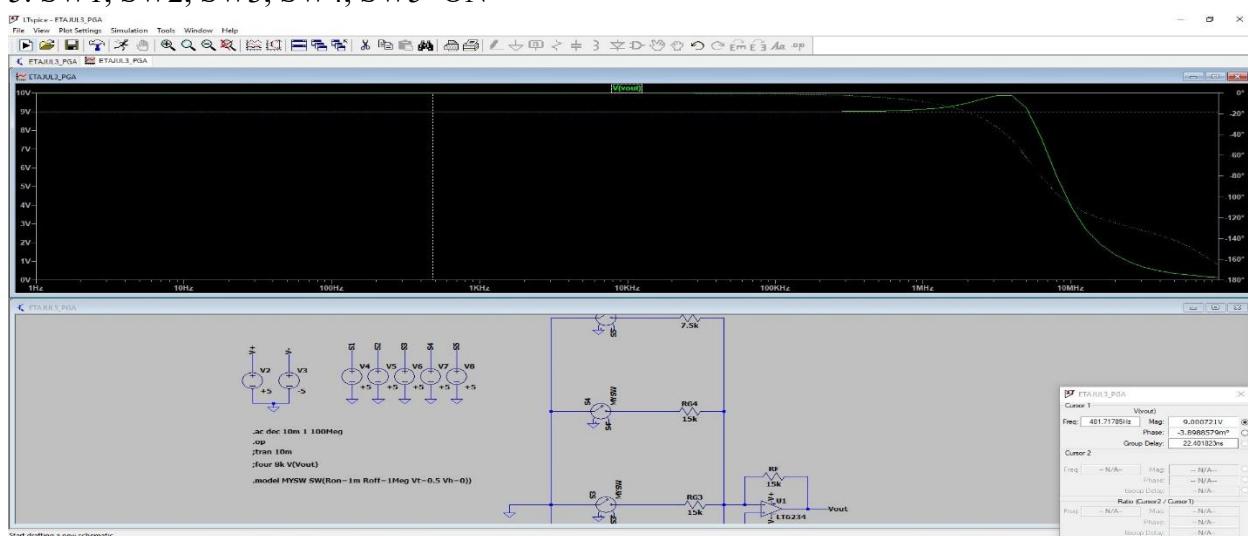
### 3.SW1, SW2, SW3=ON



### 4.SW1, SW2, SW3, SW4=ON



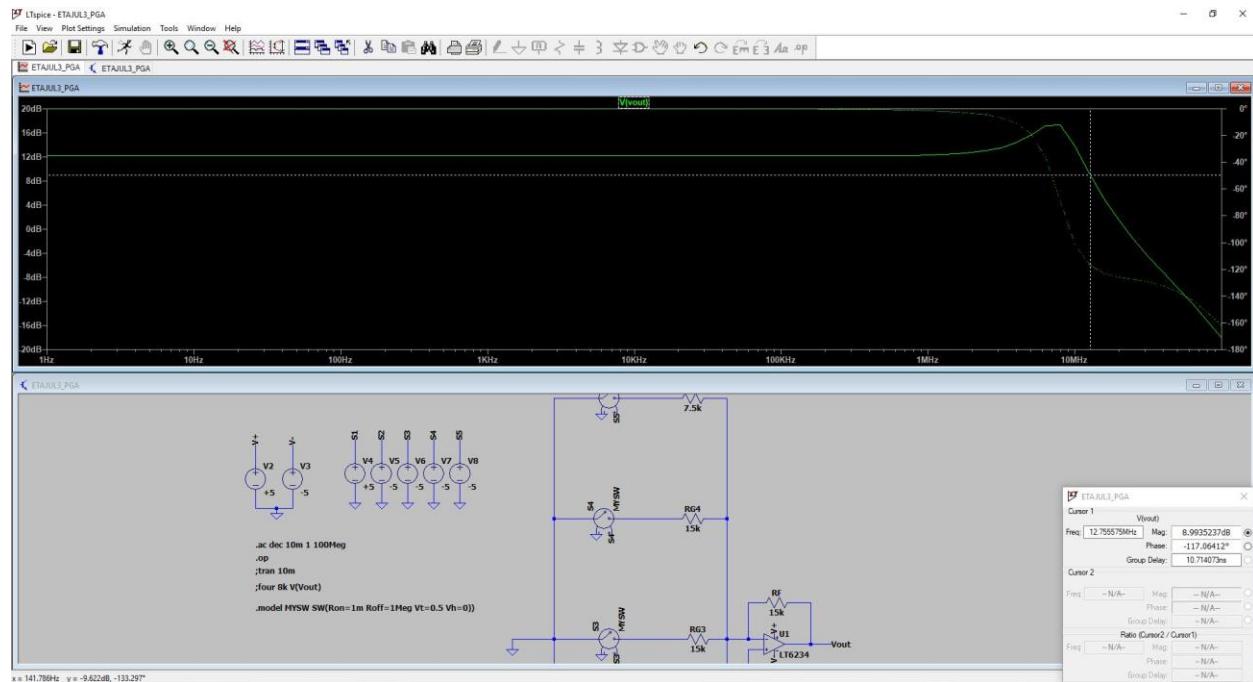
### 5. SW1, SW2, SW3, SW4, SW5=ON



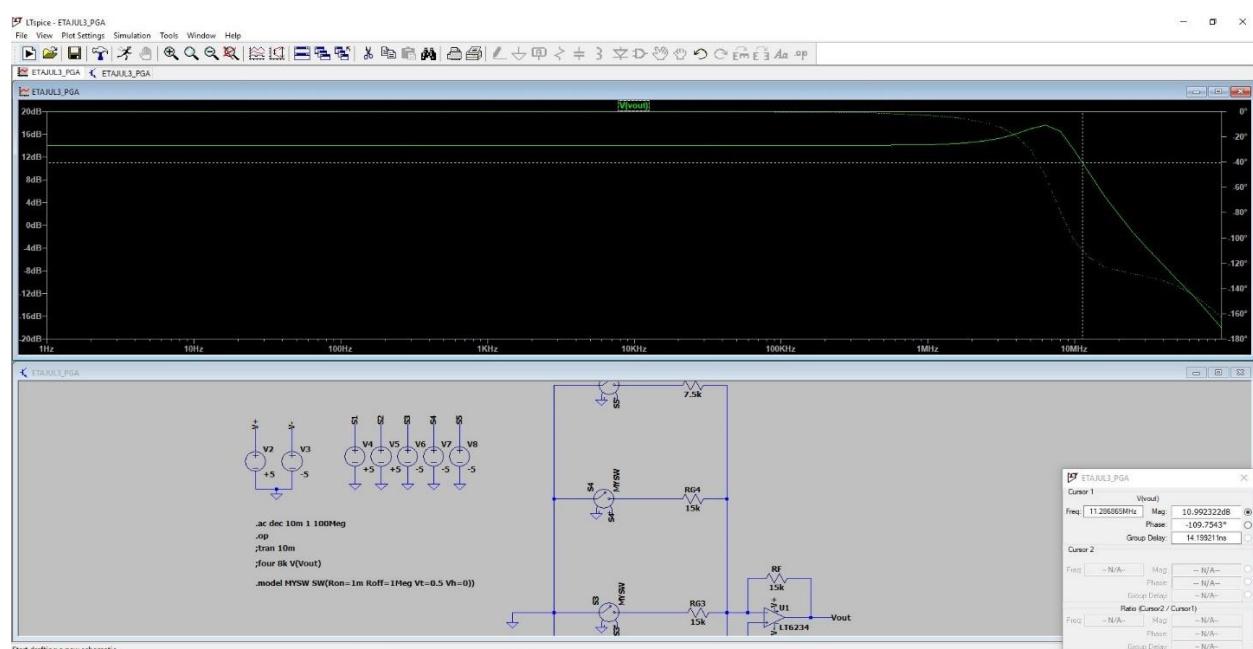
## B. Banda

-pentru a măsura banda am plotat ieșirea, activând fiecare switch pe rând și am dus cursorul la -3dB față de câștigul maxim, în funcție de switch-urile active

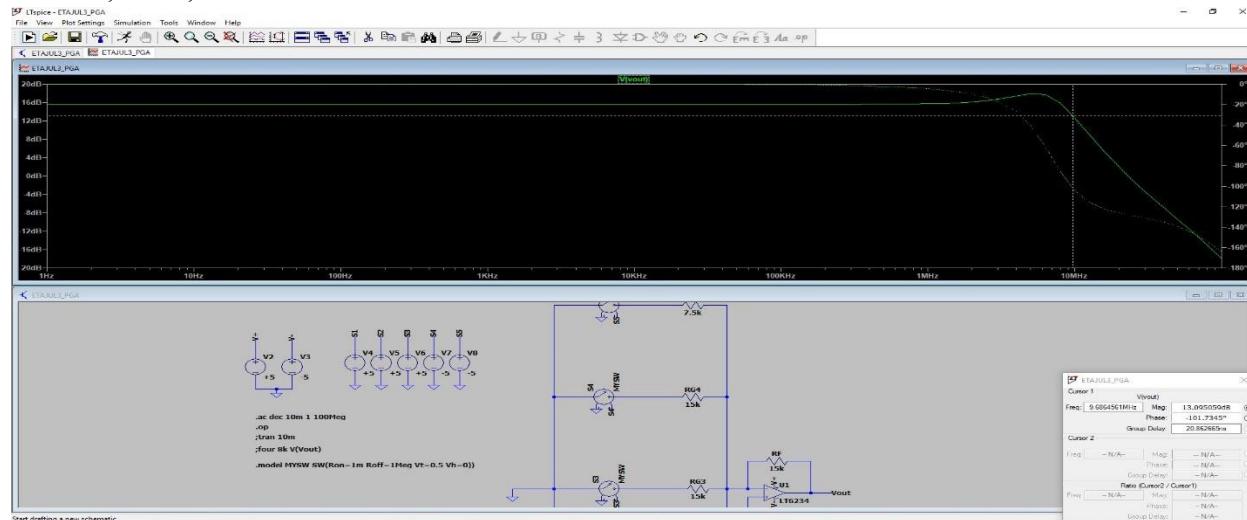
### 1. SW1=ON



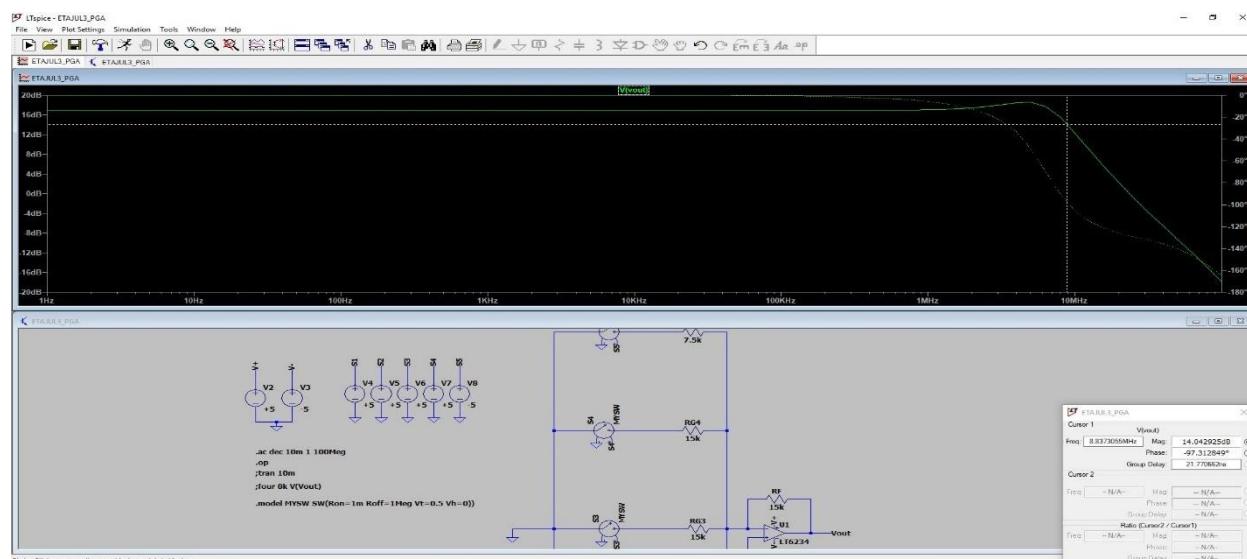
### 2. SW1, SW2=ON



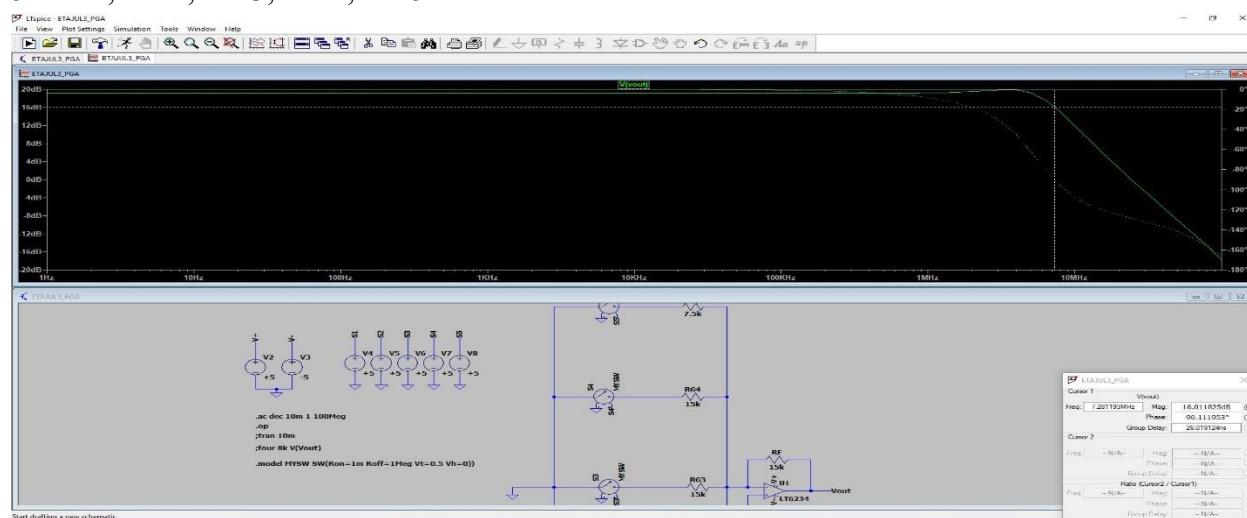
### 3. SW1, SW2, SW3=ON



### 4. SW1, SW2, SW3, SW4=ON



### 5. SW1, SW2, SW3, SW4, SW5=ON

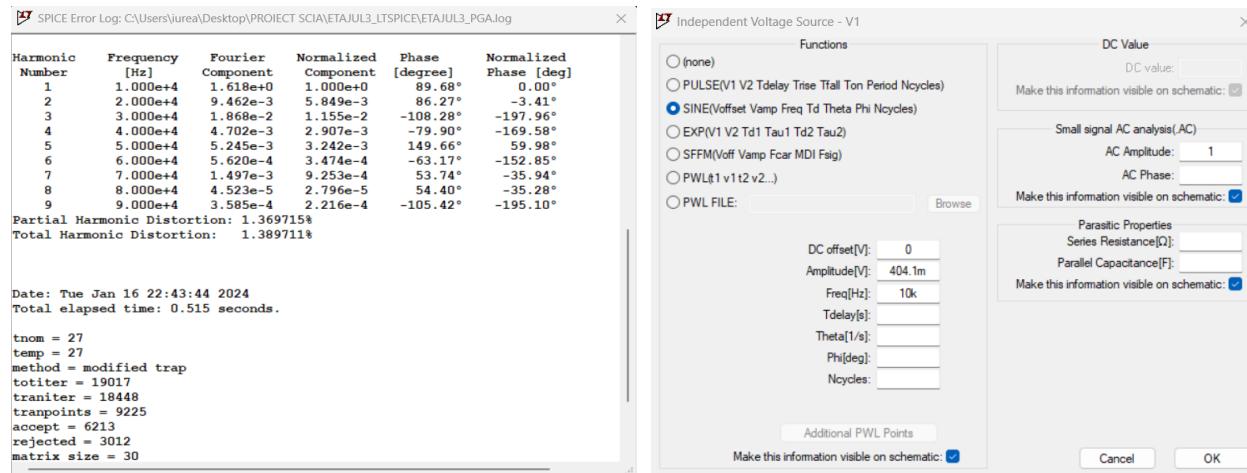


### 3.3.3 Analiza Transient

#### A. Liniaritate

-pentru a avea un THD cât mai mic (<1%), am respectat indicațiile din specificațiile generale, adică am pus o sursă de tensiune sinusoidală la intrarea circuitului, care are următoarele valori: frecvența de 10kHz (fin\_max) și amplitudinea egală cu 1.12V(ampl\_in\_min\*câștig\_max\_PGA)

Rezultat:



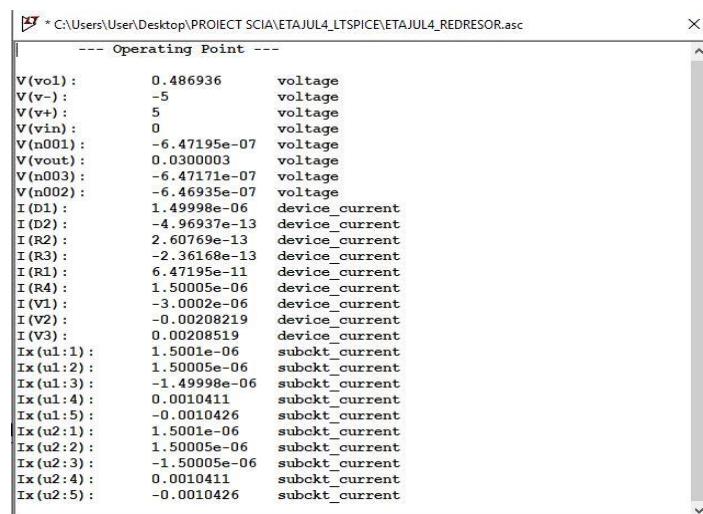
### 3.4 Etajul 4-Redresor, dublu alternanță

#### 3.4.1 Analiza DC-OP

#### A. Punctul static de funcționare (PSF)

-pentru a afișa PSF-ul în cazul etajului 4, am utilizat o analiza de tip DC-OP

Rezultate:

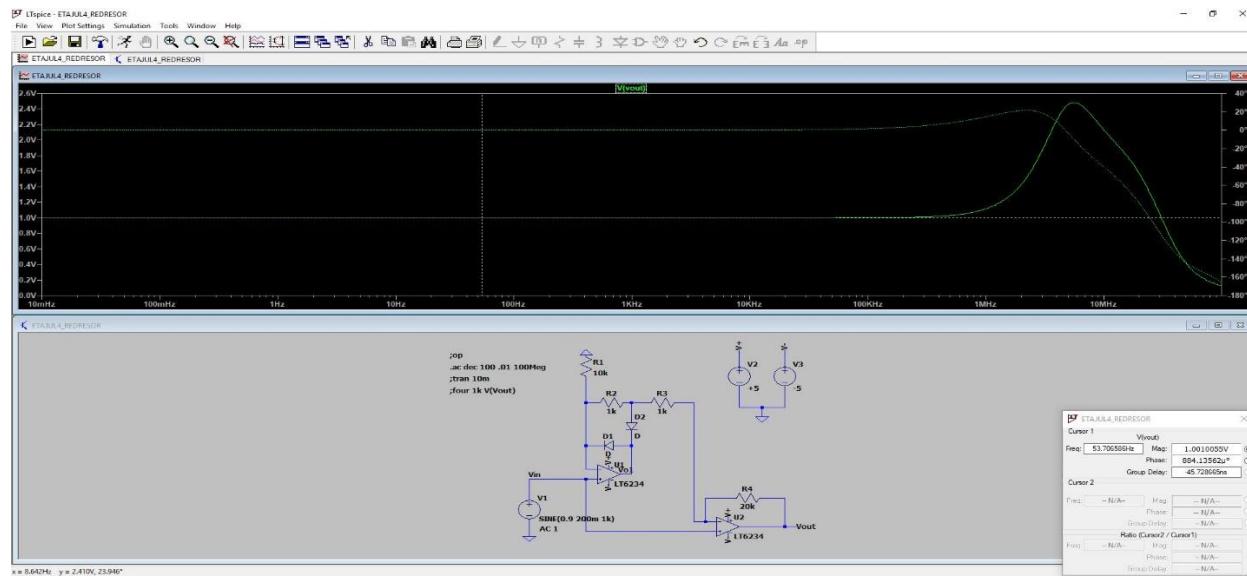


### 3.4.2 Analiza AC

#### A. Câștigul

-am folosit o analiză de tip AC pentru a măsura câștigul

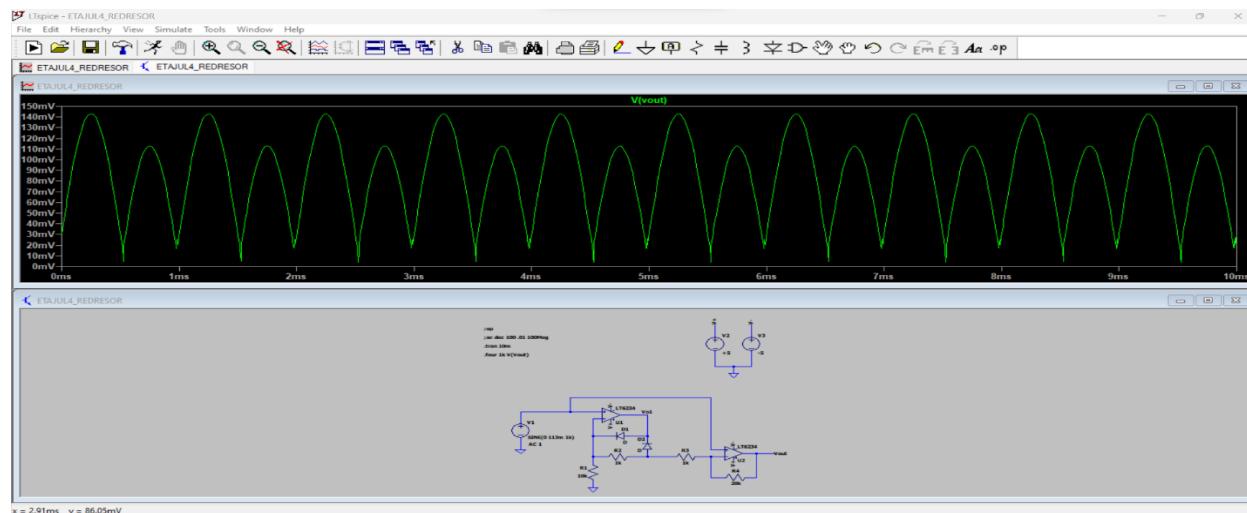
Rezultat:



### 3.4.3 Analiza Transient

#### A. Funcția de Circuit

Rezultat:



## B. Domeniul liniar

Domeniul liniar  $\Rightarrow$  domeniul lui  $V_{IN}$

$$\Rightarrow V_{IN} < 0 \Rightarrow D_1 = ON, D_2 = OFF$$

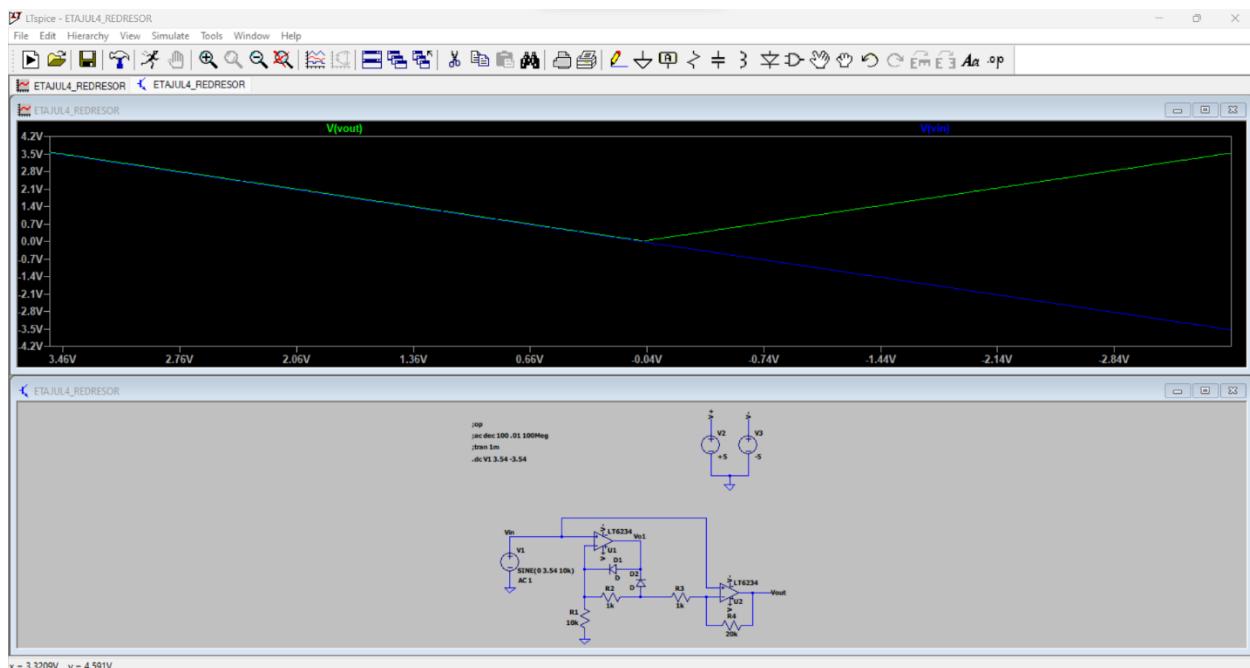
$$V_{AO1} = 4.5 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{AO1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{IN} + V_D \Rightarrow \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{IN} = V_{AO1} - V_D$$

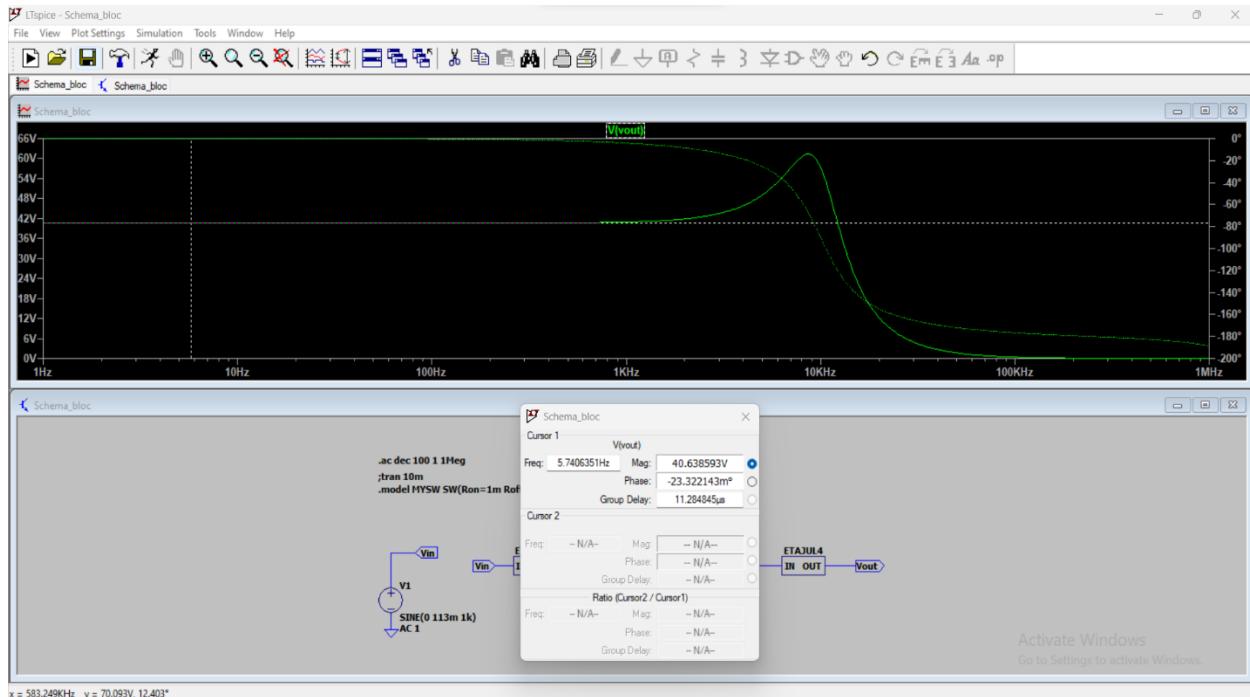
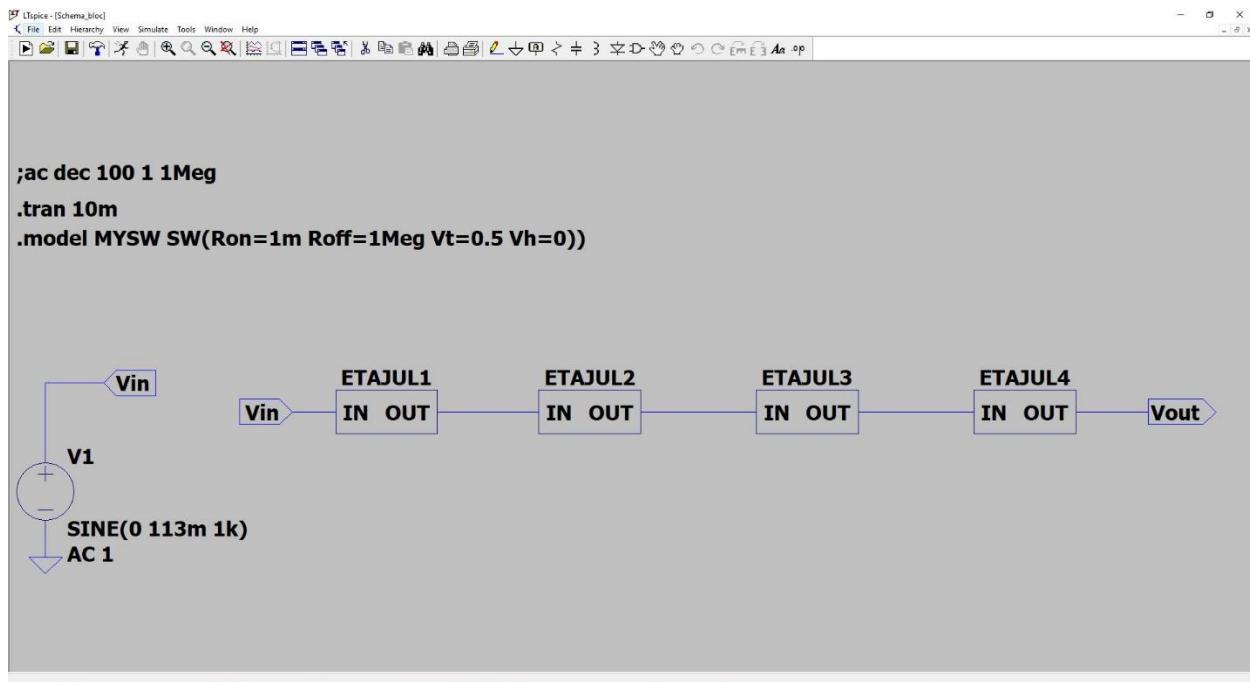
$$\Rightarrow \left(1 + \frac{1}{10}\right) V_{IN} = 4.5 \text{ V} - 0.6 \text{ V}$$

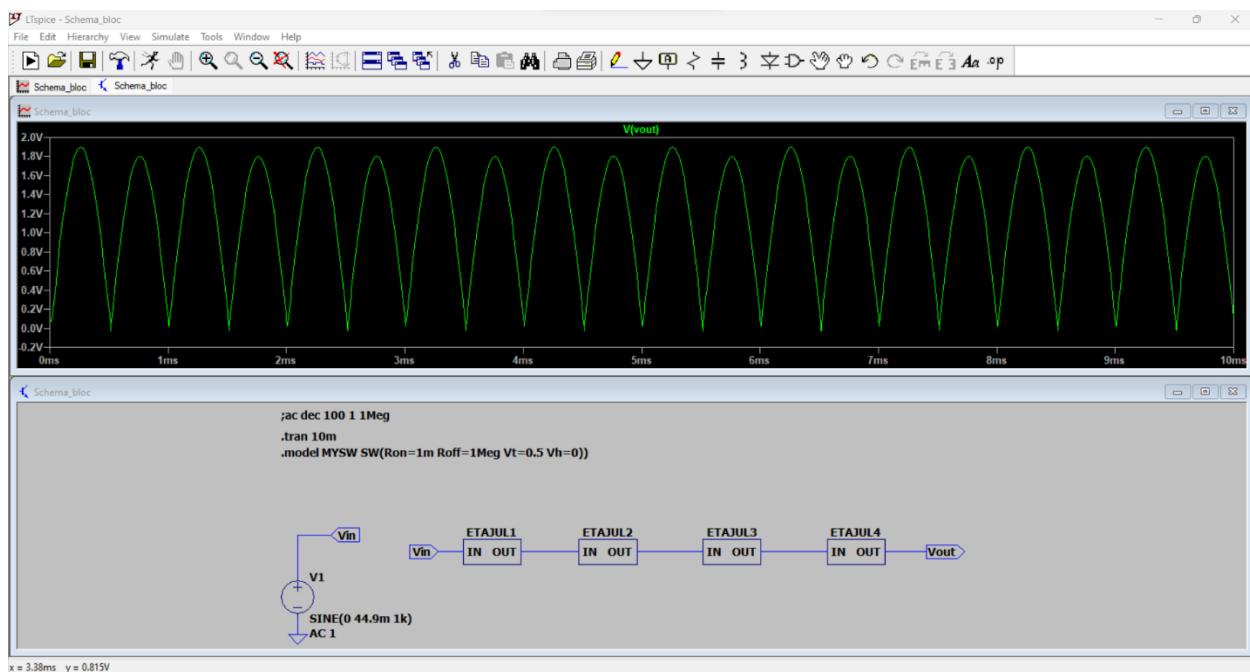
$$\Rightarrow 1.1 \cdot V_{IN} = 3.9 \text{ V} \Rightarrow V_{IN} = -3.54 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{IN} \in (-3.54, 3.54)$$



## 4. VERIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA INTERFEȚEI GRAFICE





## 5. CONCLUZII

### 1. ETAJUL 1

PARAMETRI	VALORI ESTIMATE	VALORI MĂSURATE
CÂȘTIG	10	9.99
BANDĂ>specificații	10 kHz	3.36 MHz
CMRR	min 90 dB	93 dB
PSRR	min 90 dB	92 dB
SLEW RATE	min 10 V/us	17.9 V/us
LINIARITATE	<1%	%0.97

### 2. ETAJUL 2

PARAMETRI	VALORI ESIMATE	VALORI MĂSURATE
CÂȘTIG ÎN BANDA DE TRECERE	1 V	999.9 mV
BANDA	10 kHz	9.95 kHz
LINIARITATE	<1%	%0.05

### 3. ETAJUL 3

PARAMETRII		VALORI ESTIMATE	VALORI MĂSURATE
CÂȘTIG	sw1=ON	4	4.05
	sw1,sw2=ON	5	5.04
	sw1,sw2,sw3=ON	6	6.03
	sw1,sw2,sw3,sw4=ON	7	7.01
	sw1,sw2,sw3,sw4,sw5=ON	9	9.00

BANDA	sw1=ON	10 kHz	12.75 MHz
	sw1,sw2=ON	10 kHz	11.28 MHz
	sw1,sw2,sw3=ON	10 kHz	9.68 MHz
	sw1,sw2,sw3,sw4=ON	10 kHz	8.83 MHz
	sw1,sw2,sw3,sw4,sw5=ON	10 kHz	7.28 MHz
LINIARITATE		<1%	%1.38

#### 4. ETAJUL 4

PARAMETRII	VALORI ESTIMATE	VALORI MĂSURATE
CÂȘTIG	1	1.00