

Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
Facultatea de Electronica, Telecomunicatii si Tehnologia Informatiei

Proiect Dispozitive si Circuite Electronice

Amplificator de Audio Frecventa

Nume: Ciucu Robert-Marian

Grupa: 433E

Prof. Coordonator:

Draghici Florin

Pantazica Mihaela

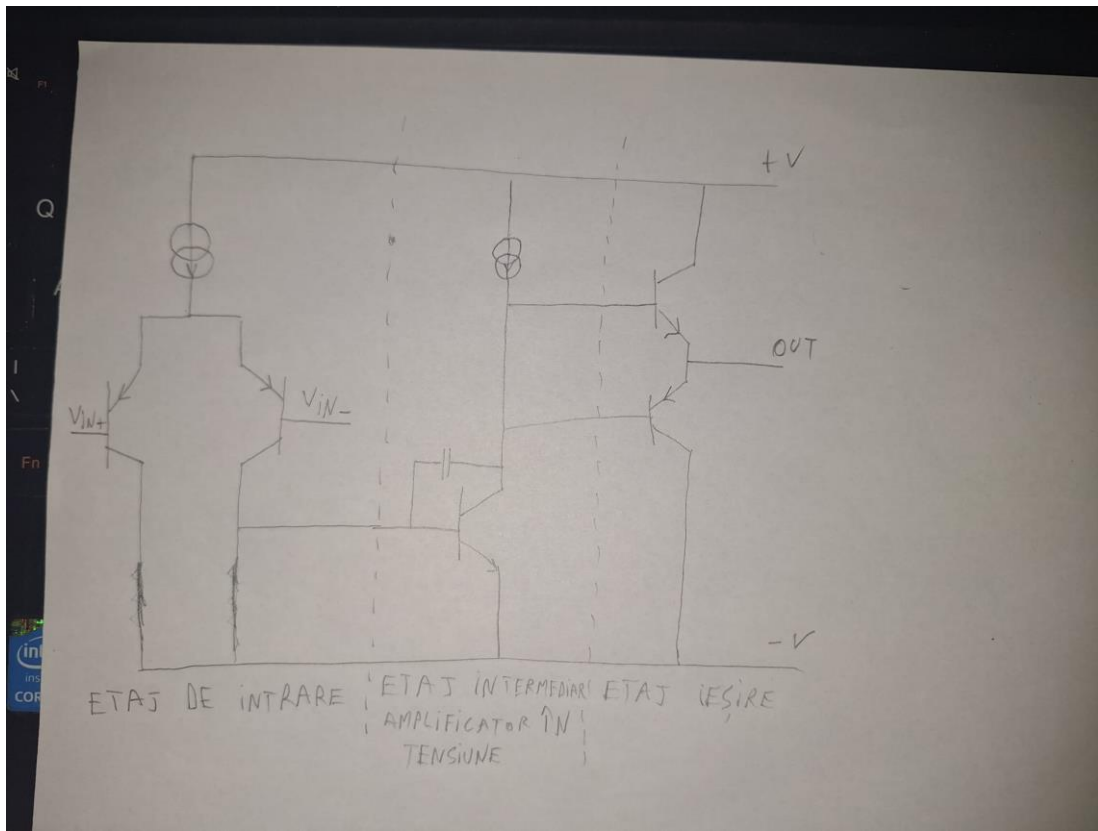
1.Tema proiectului

N=5

Sa se proiecteze un amplificator de tensiune (joasa frecventa) avand urmatoarele caracteristici:

- Semnalul de intrare, u_i in gama: $50\text{N}[\text{mV}]$, rezulta $u_i=250\text{ mV}$
- Sarcina la iesire $R_L=5\text{N } [\Omega]$, rezulta $R_L=25\text{ } [\Omega]$
- Rezistenta de intrare $R_i>0.1[\text{M}\Omega]$
- Rezistenta de iesire $R_o<0.1\text{N}[\Omega]$, rezulta $R_o<0.5[\Omega]$
- Amplificare in tensiune $A_V:10$
- Domeniul temperaturilor de funcționare: $0^0 - 70^0\text{C}$ (verificabil prin testare în temperatură);
- Semnalizarea prezenței tensiunilor de alimentare cu diodă de tip LED.

2.Schema bloc functională



Amplificatorul utilizeaza o schema bloc de amplificator cu etaj de iesire clasa AB, acesta fiind impartit in 3 parti principale: partea de intrare, partea de amplificare in tensiune si partea de amplificare in current. S-a utilizat aceasta impartire pentru a utiliza pentru fiecare parte un etaj special fie pentru a realiza o amplificare in tensiune fie o amplificare in current.

Etajul de intrare se afla in configuratie de amplificator diferential, acesta avand rolul de a realiza adaptarea de impendanta intre sursa de semnal si urmatorul etaj, de asemenea din acesta se poate regla offset si implicit stabilitatea amplificatorului.

Al doilea etaj realizeaza amplificarea in tensiune a intregului amplificator, acesta are o amplificare foarte mare in bucla deschisa, de aceea este obligatoriu sa utilizeze o bucla de reactie negativa pentru a reduce amplificarea la o valoare utila.

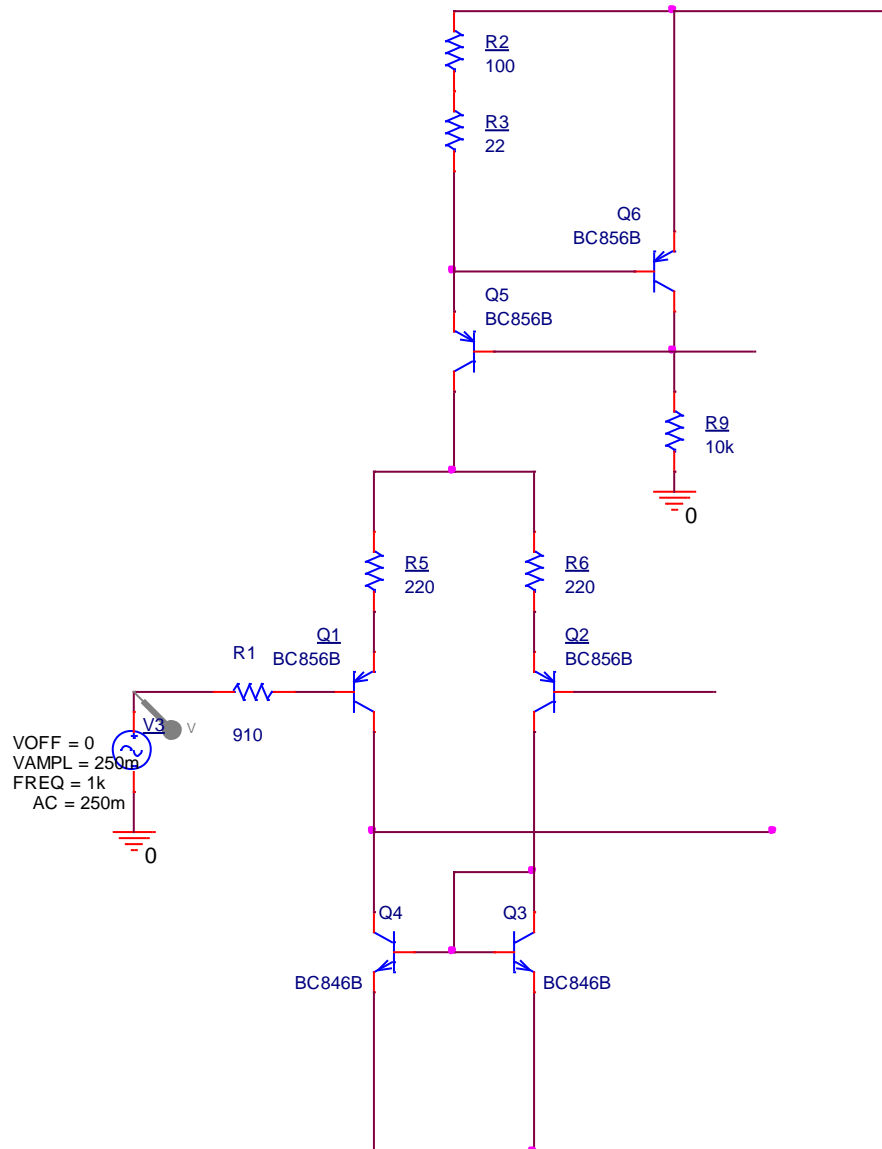
Al treilea etaj este un amplificator de current format din doua tranzistoare, unul functionand pentru alternanta pozitiva (tensiuni positive) si unul pentru alternanta negativa (tensiune negative) , de asemenea pe aceste tranzistoare se va disipa o putere semnificativa.

Toate cele trei etaje sunt conectate in cascada, amplificariile acestora inmultindu-se. De asemenea, pentru a controla si a stabili valoarea amplificarii vom utiliza o retea de reactie negative global care culege o fractiune din semnalul de la iesire si il introduce la intrarea inversoare pentru a inchide bucla.

Reteaua de reactie negative reduce amplificarea la valoarea dorita, simultan avand un rol important in stabilitatea amplificatorului si imunitatea sa la oscilatii.

3.Etajul de intrare

Etajul de intrare are ca rol principal realizarea unei adaptari intre sursa de semnal si amplificator, etajul diferential fiind cel mai performant tip de etaj utilizat la intrare, caracteristicile acestuia fiind imbunatatite prin utilizarea unei oglinzi de current.



Etajul diferential este realizat in principal cu tranzistoarele Q_1 si Q_2 iar pentru a imbunatatii performantele acestuia in ceea ce priveste stabilitatea vom folosi etajul sursa de current constant si etajul oglinda de current.

Sursa de current constant realizata din R2,R3,R9,Q5,Q6 are rolul de a furniza un current de valoare fixa prin etajul diferential indiferent de valoarea sarcinii sau a tensiunii de alimentare, astfel etajul de intrare este imun la variatiile tensiunii de alimentare.

La pornire Q5 intra in conductie prin intermediul rezistentelor R9 si rezistenta serie formata din R2 si R3, in momentul in care tensiunea pe rezistenta serie este sufficient de mare, tranzistorul Q6 incepe sa intre in conductie si ia din curentul de baza a lui Q5. Astfel limitam tensiunea pe rezistenta serie la valoarea lui V_{BE} de aprox 0,6V.

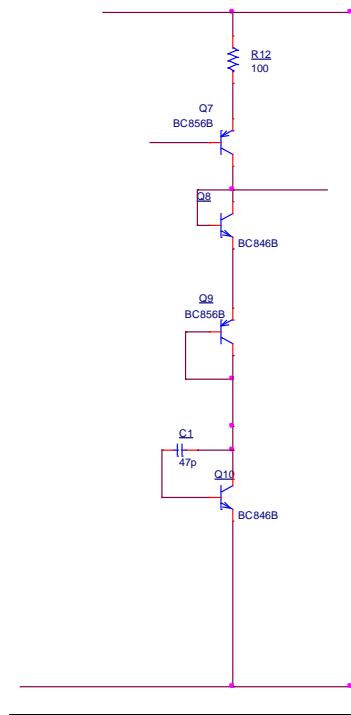
Curentul furnizat de aceasta sursa poate fi calculate cu formula:

$$I_{C5}=V_{BE}/R_{serie}$$

Dorim sa stabilim un current de aproximativ de 5mA prin cele doua tranzistoare, asa alegem valoarea rezistentei serie ca find de 122 Ω , aceasta find formata din R2=100 Ω si R3=22 Ω . De asemenea pentru curentul prin Q6 dorim o valoare mica (<1mA), de aceea alegem R9=10k Ω .

Rolul rezistentelor R5=220 Ω si R6=220 Ω este de a stabili un current egal intre cele doua tranzistoare si anume de 2,5mA($I_{C5}/2$), impreuna cu oglinda de current formata din Q3 si Q4. Aceasta oglinda a fost realizata cu 2 tranzistoare bipolare pentru ca la acestea exista o depedenta puternica intre curentul de colector si tensiunea baza-emitor. Deoarece Q3 si Q4 vor avea aceeasi tensiune baza-emitor si curentii lor de collector vor fi egali. Prin tranzistorul Q1 si Q2 se doreste un curent cat mai egal posibil pentru a nu avea offset.

4.Etajul amplificator in tensiune



Etajul amplificator in tensiune este realizat cu un singur transistor bipolar in configuratie de emitor comun Q10, acest etaj are ca sarcina o sursa de current constant formata din Q7 si R12 si care primesc aceiasi referinta ca sursa de curent constant din etajul de intrare.

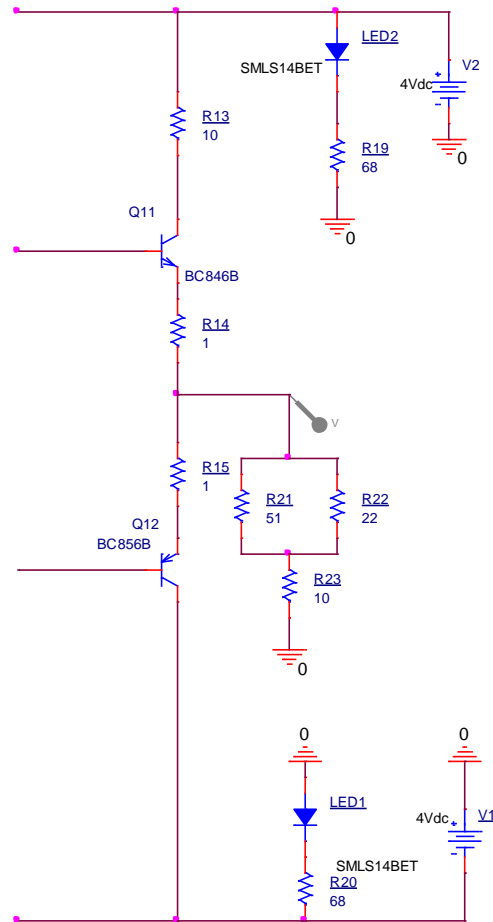
Pentru a putea comanda etajul final dorim un curent de macar 5mA prin tranzistorul Q10, astfel alegem $R12 = V_{BE}/I_{Q7} = 100 \Omega$.

Intre cele doua iesiri ale etajului pilot sunt inercalate doua transdiode care au rolul de a stabiliza curentul prin aceasta ramura.

De asemenea condensatorul C1 are rolul de a limita valoarea amplificarii la frecvente inalte, din afara spectrului util pentru noi , astfel incat sa nu se formeze oscilatii parasite.

5.Etajul amplificator de curent

Etajul amplificator in curent este numit si etaj final deoarece el face adaptarea catre impedanta sarcinii, acest etaj amplificand in curent si avand o amplificare unitara.

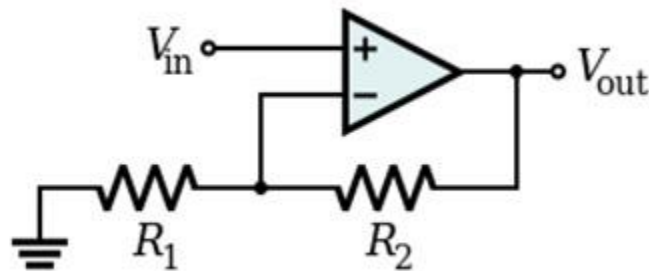


Rolul rezistorului R13 este de a scadea curentul prin cele doua tranzistoare, scazand astfel implicit si puterea pe acestea. Rezistentele R14 si R15 de valoare de 1 Ω ajuta la stabilitatea curentului prin cele doua tranzistoare, avand $I_{c1} = I_{c2}$. De asemenea in acest etaj tranzistorul Q11 functioneaza pentru alternanta pozitiva si Q12 functioneaza pentru alternanta negativa.

6. Reteaua de reactie negativa

Pentru controlul si tinerea stabile a valorii amplificarii, vom utiliza o retea de reactie negative globala, aceasta retea de reactie culege o fractiune din semnalul de la iesire si il intoarce la intrarea inversoare pentru a inchide bucla.

Reteaua de reactie negative face ca valoarea amplificarii sa fie data doar de valoarea unor component passive, astfel incat sa nu depinda de alti factori.



Am folosit o configuratie de amplificare neinversoare la care valoarea amplificarii in tensiune este data de relatia:

$$A_V = 1 + R_2/R_1$$

In schema A_v este :

$$A_V = 1 + R_{10}/R_{11}$$

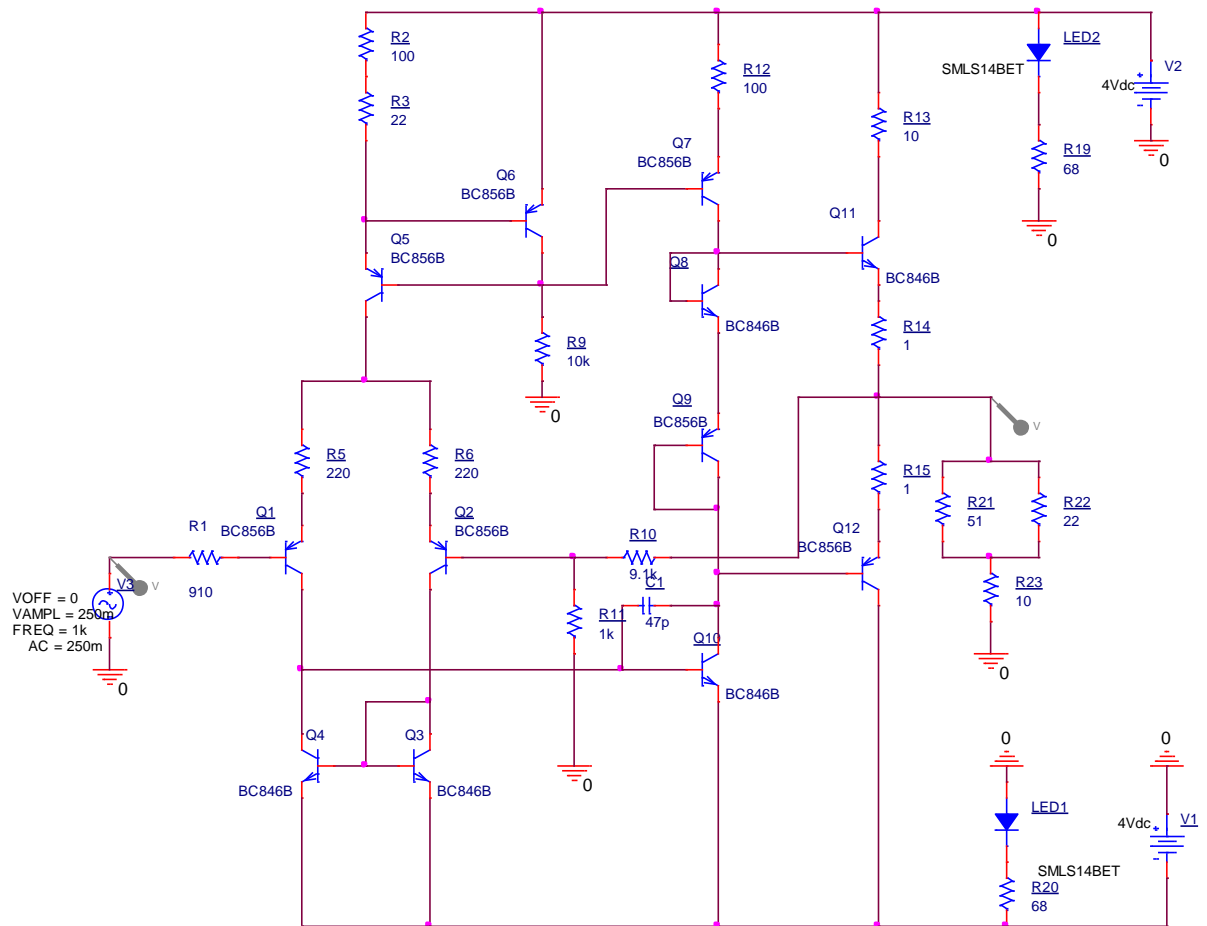
Unde $R_9 = 9,1K \Omega$ si $R_{10} = 1k \Omega$, $A_v = 10$

7.Sursa de alimentare

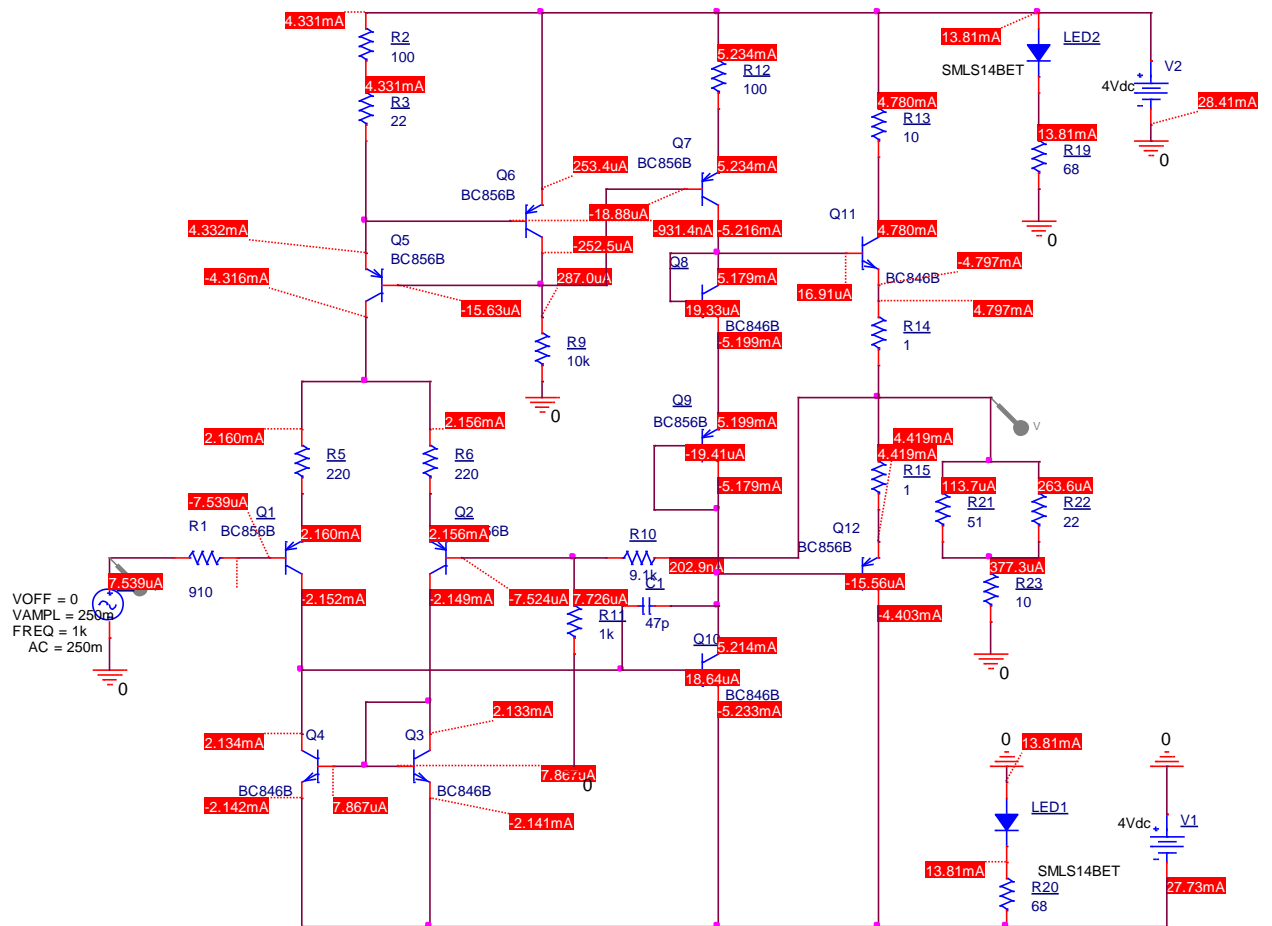
$I_{out} = A_{out} / R_L$ unde $R_L = 25\Omega$ si $A_{out} = 2.5V$

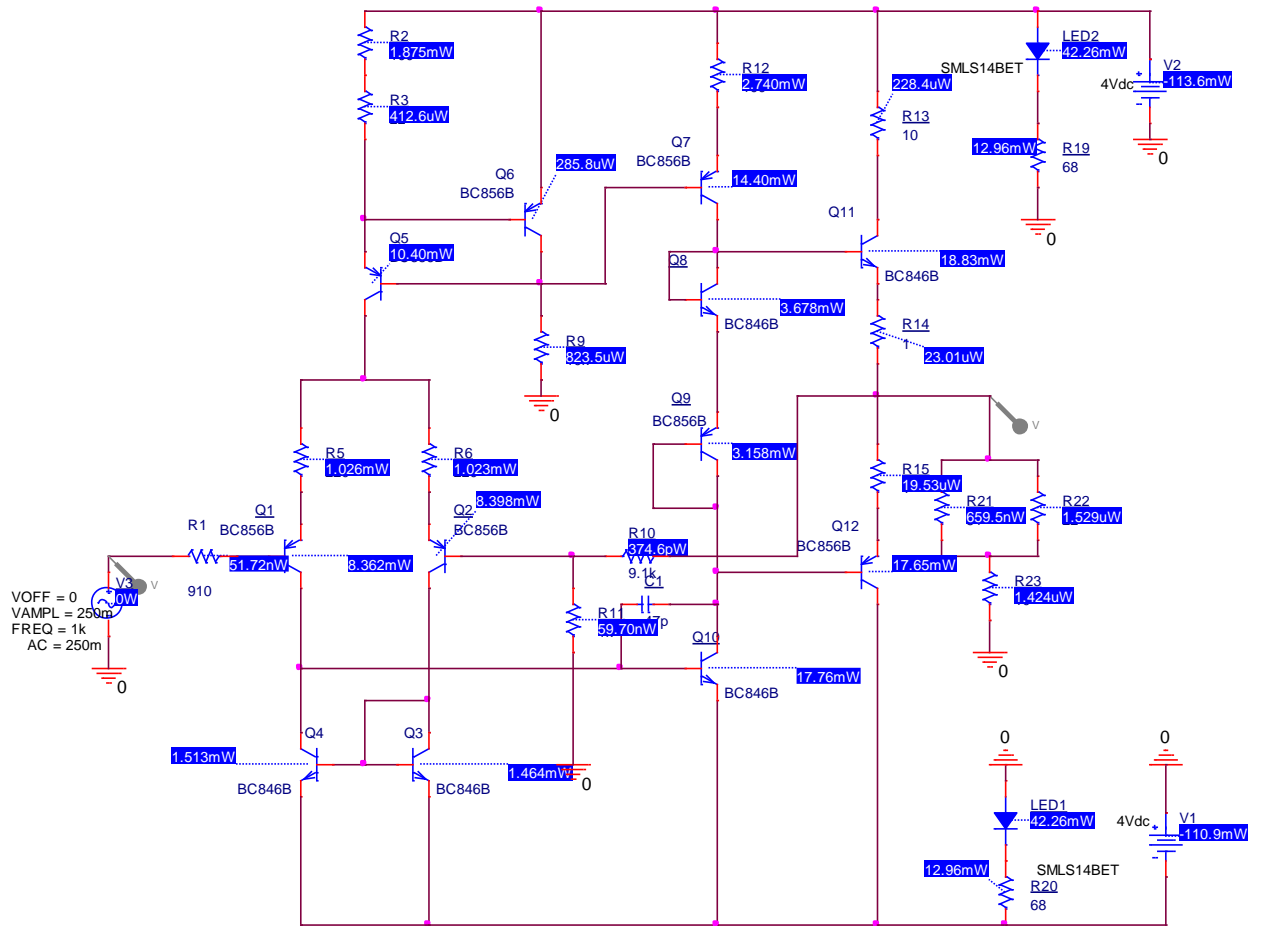
Deci $I_{out} = 100mA$

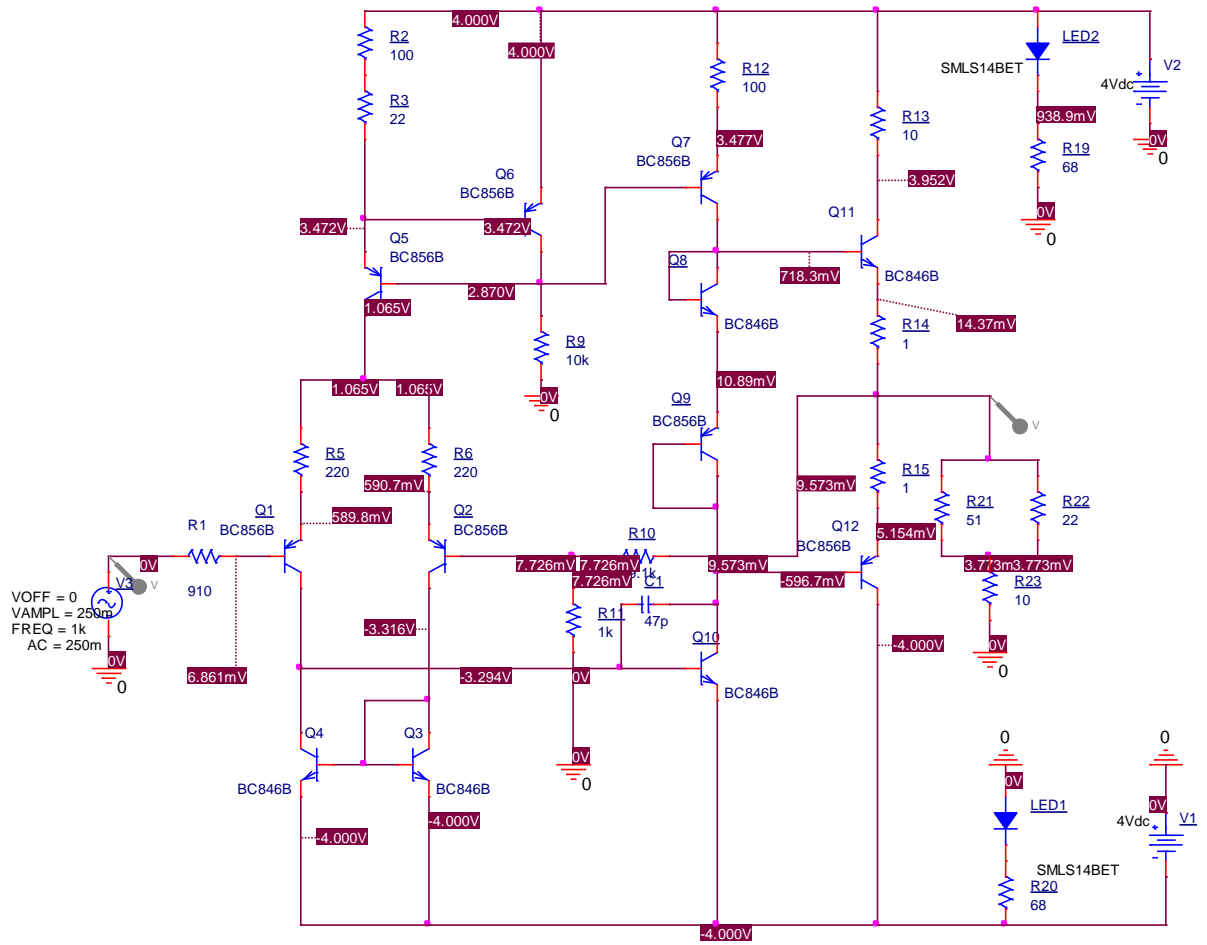
Având $A_{out} = 2.5V$ și dorind o marjă de siguranță, putem considera că tensiunea maximă de ieșire ar trebui să fie undeva la 4V (pentru a acoperi amplificarea și marjele necesare).



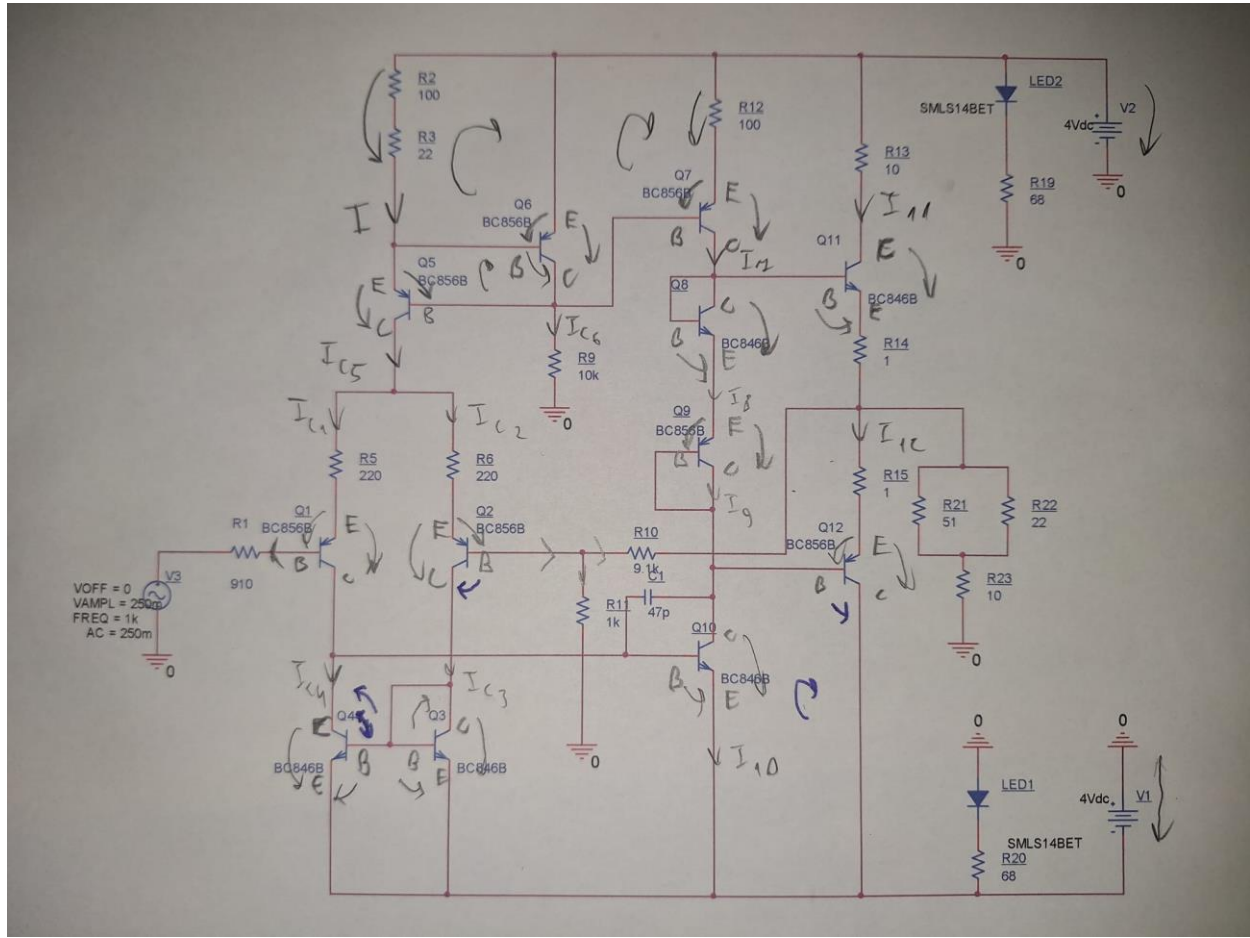
9.Punctul static de functionare genrat de OrCAD:







10. Punctul static de functionare



$$Q_1, Q_2, Q_5, Q_6, Q_7, Q_9, Q_{12} \quad \begin{cases} V_{BE} \approx 0,6V \\ \beta \approx 290 \end{cases}$$

$$Q_3, Q_4, Q_8, Q_{10}, Q_{11} \quad \begin{cases} V_{BE} \approx 0,6V \\ \beta \approx 290 \end{cases}$$

$$-I(R_2 + R_3) + V_{BE6} = 0$$

$$I = \frac{V_{BE6}}{R_2 + R_3} = \frac{0,6}{122} \approx 4,9 \text{ mA} \approx 5 \text{ mA}$$

Pr. curenții de bază neglijabili ($\ll 1$) $\Rightarrow I_{C5} = I = 5 \text{ mA}$

$$\Rightarrow I_{C5} \approx I_{C4}, I_{C2} \approx I_{C3} \Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} \Rightarrow$$

$$Q_3, Q_4 - \text{ oglindă curent} \quad I_{C1} + I_{C2} = I_{C5}$$

$$\Rightarrow I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = \frac{I_{C5}}{2} \approx 2,5 \text{ mA}$$

$$V_{BC6} - V_{EB5} = 0 \Rightarrow V_{BC6} = 0,6 \text{ V}$$

$$-V_{BC6} - V_{BE6} + V_{EC6} = 0 \Rightarrow V_{EC6} = 0,6 + 0,6 = 1,2 \text{ V}$$

$$-V_2 + V_{EC6} + I_{C6} \cdot R_9 = 0 \Rightarrow I_{C6} = \frac{V_2 - V_{EC6}}{R_9} = \frac{4 - 1,2}{10} \cdot 10^{-3}$$

$$V_{BC3} = 0 \Rightarrow V_{BE3} = V_{CE3} = 0,6 \text{ V} \quad = 0,28 \text{ mA}$$

$$-V_{CE4} + V_{BE9} = 0 \Rightarrow V_{CE4} = V_{BE9} = 0,6 \text{ V}$$

$$-V_2 + I(R_2 + R_3) + V_{EC5} + I_{C1} R_5 + V_{EC1} + V_{CE4} - V_1 = 0$$

$$V_{EC5} = V_2 - I(R_2 + R_3) - I_{C1} R_5 - V_{EC1} - V_{CE4} + V_4$$

$$= 4 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 122 - 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220$$

$$-V_{EC1} - I_{C1} R_5 + I_{C2} R_6 + V_{EC2} + V_{BC4} = 0$$

$$V_{EC1} = -2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220 + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220 + V_{EC2} + 0,6$$

$$V_{BC4} + V_{CE4}$$

$$V_{BC4} + V_{CE4} - V_{BE4} = 0$$

$$V_{BC4} = -V_{CE4} + V_{BE4} = 0,6 - 0,6 = 0V$$

$$\Rightarrow V_{EC1} = V_{EC2}$$

Peun Q7 i-a potential referintă din cursul de curent

$$-V_{EC6} + V_{R12} + V_{EB7} = 0$$

$$V_{R12} = V_{EC6} - V_{EB7} = 0,6V$$

$$I_{R12} = I_{C4} = \frac{V_{R12}}{R_{12}} = \frac{0,6}{100} = 6mA \approx I_{C8} \approx I_{C9} \approx I_{C10}$$

$$-V_2 + I(R_2 + R_3) + V_{EC5} + I_{C1} R_5 + V_{EB1} + I_{B1} \cdot R_1$$

$$V_{EC5} = +V_2 - I(R_2 + R_3) + I_{C1} R_5 + V_{EB1} - R_1 \cdot \frac{I_{C1}}{\beta}$$

$$V_{EC5} = +4 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot 122 + 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220 + 0,6 + 9 \cdot 10 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{290} \approx 2,23V$$

$$-V_2 + I(R_2 + R_3) + V_{EC5} + I_{C1} \cdot R_5 + V_{EC1} + V_{CE4} - V_1$$

$$V_{EC1} = V_2 - I(R_2 + R_3) - V_{EC5} - I_{C1} \cdot R_5 - \cancel{V_{EC1}} - V_{CE4} + V_1$$

$$= 4 - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 122 - 2,23V - 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220 - 0,6 + 4 =$$

$$\approx 4V \approx V_{EC2}$$

$$V_{BC8} = 0 \Rightarrow V_{CE8} = V_{BE8} = 0,6V$$

$$V_{BC9} = 0 \Rightarrow V_{EC9} = V_{EB9} = 0,6V$$

Cum baza lui Q_{11} este conectata la colectorul lui $Q_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{C11} = I_{C7} = 6mA$$

$$\Rightarrow I_{C11} = I_{C12} = 6mA$$

Cum $R_{14} = R_{15} = 12\Omega$ (mici) \Rightarrow se pot ignora

$$-V_{R11} + V_{BC12} + V_{CE3} - V_1 = 0$$

$$I_{R11} = \frac{3,4 + 0,6 - 4}{10} \cdot 10^{-3} = 0A$$

$$\Rightarrow I_{R10} = I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = \frac{2,5 \cdot 10^{-7}}{290} \approx 8,62 \mu A$$

$$-V_2 + V_{R13} + V_{CE11} - V_{R10} = 0$$

$$V_{CE11} = V_2 - V_{R13} + V_{R10} = 4 - 10 \cdot 6 \cdot 10^{-3} + 9,1 \cdot 10^3 \cdot 8,62 \cdot 10^{-6}$$

$$\approx 4V$$

$$-V_2 + V_{R_{13}} + V_{CE_{11}} + V_{EC_{12}} - V_1 = 0$$

$$V_{EC_{12}} = V_2 - V_{R_{13}} - V_{CE_{11}} + V_1 =$$

$$= 4 - 10 \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 4 + 4 \approx 3,94 \text{ V}$$

$$-V_{BC_{12}} - V_{BE_{12}} + V_{EC_{12}} = 0$$

$$V_{BC_{12}} = V_{EC_{12}} - V_{BE_{12}} = 3,94 - 0,6 = 3,34 \text{ V}$$

$$-V_{CE_{10}} + V_{BC_{12}} = 0 \Rightarrow V_{CE_{10}} = V_{BC_{12}} = 3,34 \text{ V}$$

$$-V_2 + V_{R_{12}} + V_{EC_4} + V_{CE_8} + V_{EC_9} + V_{CE_{10}} - V_1 = 0$$

$$V_{EC_4} = V_2 - V_{R_{12}} - V_{CE_8} - V_{CE_9} - V_{CE_{10}} + V_1 =$$

$$= 4 - 100 \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 0,6 - 0,6 - 3,34 + 4 =$$

$$\approx 2,86 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}
 Q_1 & \left\{ \begin{array}{l} V_{E61} = 4V \\ I_{C1} = 2,5mA \end{array} \right. \\
 Q_2 & \left\{ \begin{array}{l} V_{E62} = 4V \\ I_{C2} = 2,5mA \end{array} \right. \\
 Q_3 & \left\{ \begin{array}{l} V_{CE3} = 0,6V \\ I_{C3} = 2,5mA \end{array} \right. \\
 Q_4 & \left\{ \begin{array}{l} V_{CE4} = 0,6V \\ I_{C4} = 2,5mA \end{array} \right. \\
 Q_5 & \left\{ \begin{array}{l} V_{EC5} = 2,23V \\ I_{C5} = 5mA \end{array} \right. \\
 Q_6 & \left\{ \begin{array}{l} V_{EC6} = 1,2V \\ I_{C6} = 0,28mA \end{array} \right. \\
 Q_7 & \left\{ \begin{array}{l} V_{EC7} = 2,86V \\ I_{C7} = 6mA \end{array} \right. \\
 Q_8 & \left\{ \begin{array}{l} V_{CE8} = 0,6V \\ I_{C8} = 6mA \end{array} \right. \\
 Q_9 & \left\{ \begin{array}{l} V_{EC9} = 0,6V \\ I_{C9} = 6mA \end{array} \right. \\
 Q_{10} & \left\{ \begin{array}{l} V_{CE10} = 3,34V \\ I_{C10} = 6mA \end{array} \right. \\
 Q_{11} & \left\{ \begin{array}{l} V_{CE11} = 4V \\ I_{C11} = 6mA \end{array} \right. \\
 Q_{12} & \left\{ \begin{array}{l} V_{EC12} = 3,94V \\ I_{C12} = 6mA \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Puteri disipate pe tranzistori

$$P_Q = V_{CE} \cdot I_C / P_Q = V_{EC} \cdot I_C$$

$$P_{Q1} = 4V \cdot 2,5mA = 11,2mW$$

$$P_{Q2} = 4V \cdot 2,5mA = 10mW$$

$$P_{Q3} = 0,6V \cdot 2,5mA = 1,5mW$$

$$P_{Q4} = 0,6V \cdot 2,5mA = 1,5mW$$

$$P_{Q5} = 2,23V \cdot 5mA = 11,15mW$$

$$P_{Q6} = 1,2V \cdot 0,28mA = 0,336mW$$

$$P_{Q7} = 2,86V \cdot 6mA = 17,16mW$$

$$P_{Q8} = 0,6V \cdot 6mA = 3,6mW$$

$$P_{Q9} = 0,6V \cdot 6mA = 3,6mW$$

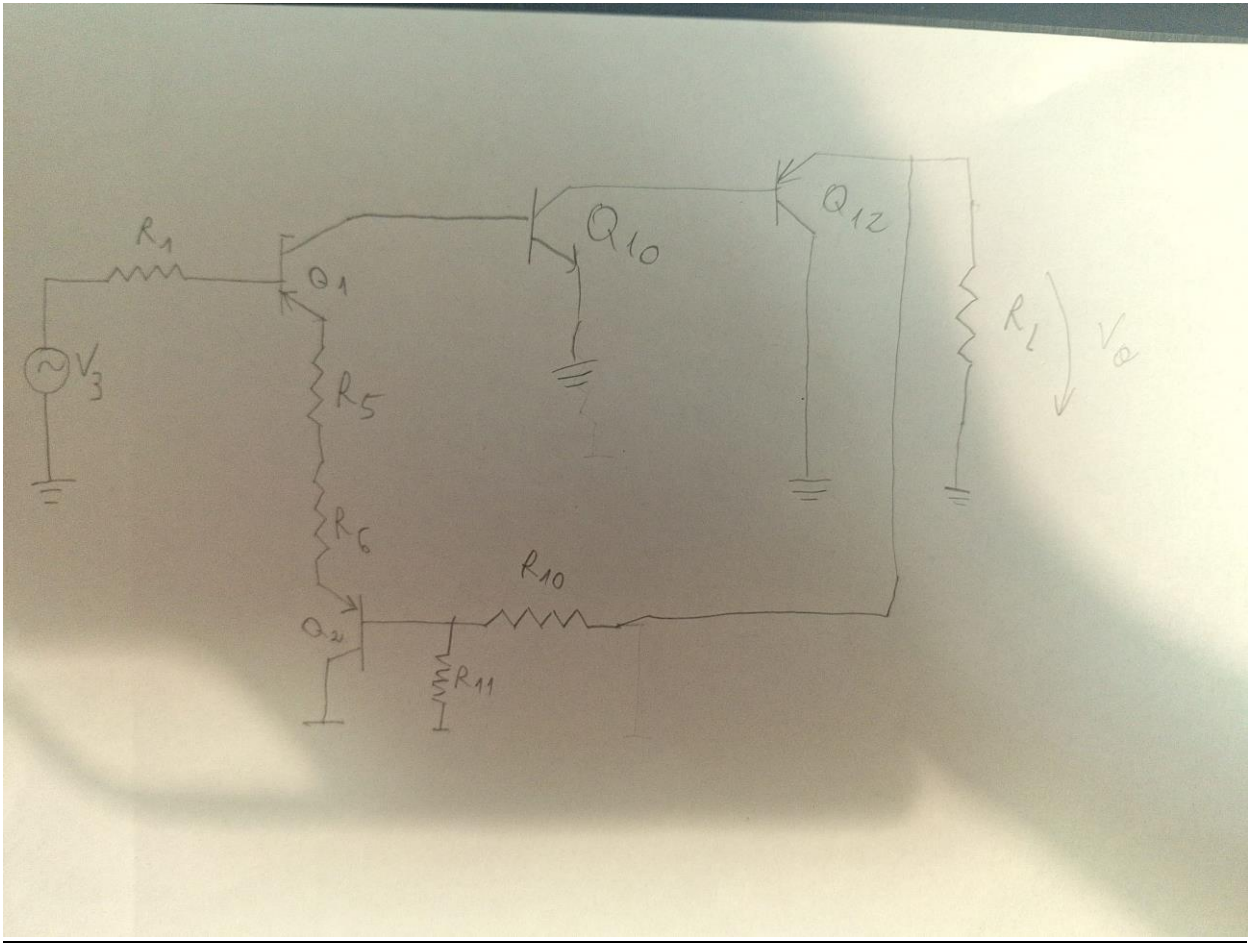
$$P_{Q10} = 3,34V \cdot 6mA = 20,04mW$$

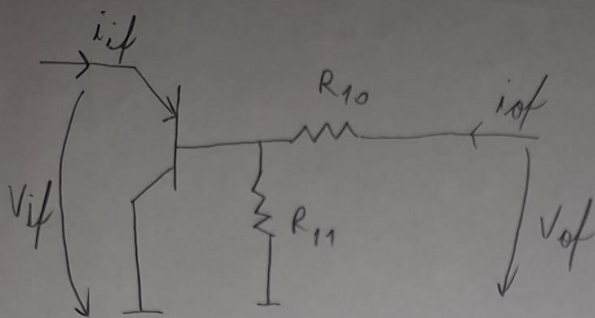
$$P_{Q11} = 4V \cdot 6mA = 24mW$$

$$P_{Q12} = 3,94V \cdot 6mA = 23,64mW$$

Componenta	Denumire	Cod	Putere maxima
Rezistor	R1	R	125mW
	R2		
	R3		
	R5		
	R6		
	R9		
	R10		
	R11		
	R12		
	R13		
	R14		
	R15		
	R19		
	R20		
	R21		
	R22		
	R23		
Dioda	LED1	SMLS14BET	117mW
	LED2		
Tranzistor NPN	Q3	BC846B	250mW
	Q4		
	Q8		
	Q10		
	Q11		
Tranzistor PNP	Q1	BC856B	250mW
	Q2		
	Q5		
	Q6		
	Q7		
	Q9		
	Q12		

11. Calcul AC





$$f = \frac{v_{if}}{v_{of}} = \frac{R_{11}}{R_{10} + R_{11}} = \frac{1}{10,1}$$

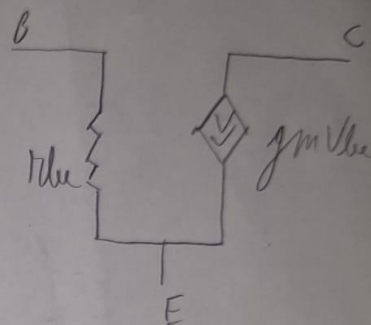
$$v_{if} = v_{of} \cdot \frac{R_{11}}{R_{10}} \Rightarrow v_{of} = 9,1 v_{if}$$

$$r_{if} = \left. \frac{v_{if}}{i_{if}} \right|_{v_{of}=0} = \frac{r_{be} + R_{10} \parallel R_{11}}{\beta + 1} \approx 3,09619 \Omega$$

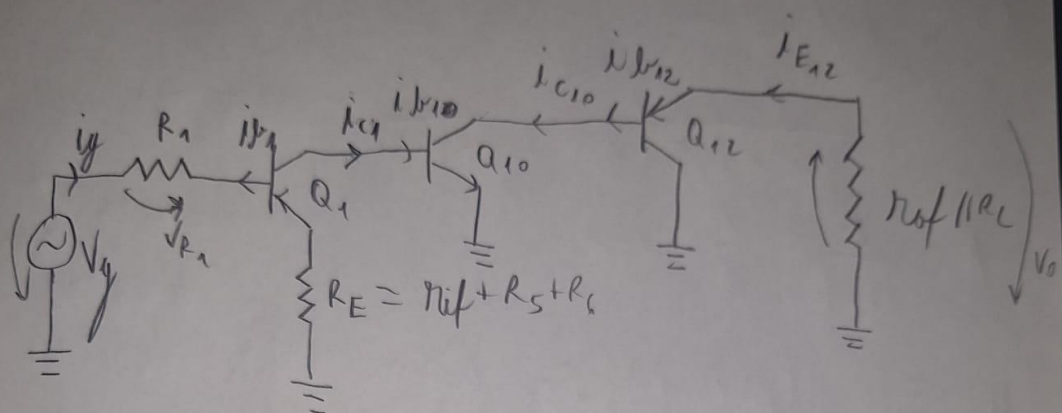
$$r_{be} = \frac{v_{be}}{i_b + i_c} \approx \frac{\beta}{g_m} = \frac{290}{100} = 2,9 \Omega$$

$$g_m = 40 \cdot I_{C2} = 40 \cdot 2,5 \text{ mA} = 100 \text{ K}\Omega^{-1}$$

$$r_{of} = \left. \frac{v_{of}}{i_{of}} \right|_{i_{if}=0} = R_{10} + R_{11} \parallel \infty = R_{10} + R_{11} = 10,1 \text{ K}\Omega$$



$$i_c = \beta \cdot i_b$$



$$A = \frac{V_o}{V_g} = \frac{V_o}{i_{E12}} \cdot \frac{i_{E12}}{i_{b12}} \cdot \frac{i_{b12}}{i_{c10}} \cdot \frac{i_{c10}}{i_{b10}} \cdot \frac{i_{b10}}{i_{c1}} \cdot \frac{i_{c1}}{i_{b1}} \cdot \frac{i_{b1}}{V_{R1}} \cdot \frac{V_{R1}}{i_g} \cdot \frac{i_g}{V_g}$$

$$\textcircled{1} \frac{V_o}{i_{E12}} = -r_{of} || R_L$$

$$\textcircled{2} \frac{i_{E12}}{i_{b12}} \approx \beta$$

$$\textcircled{3} \frac{i_{b12}}{i_{c10}} = 1$$

$$\textcircled{4} \frac{i_{c10}}{i_{b10}} = \beta$$

$$\textcircled{5} \frac{i_{b10}}{i_{c1}} = 1$$

$$\textcircled{6} \frac{i_{c1}}{i_{b1}} = \beta$$

$$\textcircled{7} \frac{i_{b1}}{V_{R1}} = -\frac{1}{R_1}$$

$$\textcircled{8} \frac{V_{R1}}{i_g} = R_1$$

$$\textcircled{9} \frac{i_g}{V_g} = \frac{1}{R_1 + r_{be} + (\beta + 1)R_E}$$

$$A = - \frac{10,1 \cdot 10^3 \cdot 25}{10,1 \cdot 10^3 + 25} \cdot 290 \cdot 290 \cdot (1) \cdot 290 \cdot \left(-\frac{1}{910}\right) \cdot 910$$

$$\cdot \frac{1}{910 + 2,9 + 291 \cdot (3,1 + 440)} \approx 4683,84$$

$$A = \frac{a}{1+af} \approx \frac{1}{1} = 10,1$$

$$T = Af = 4683,84 \cdot \frac{1}{10,1} \\ \approx 463,75$$

$$r_{ia} = r_{be} + (\beta + 1) \cdot R_E + R_1 = 2,9 + 291(3,1 + 440) + 910 \\ \approx 0,13 \text{ M}\Omega$$

$$r_{oa} = R_L \parallel r_{of} \approx 24,94 \Omega$$

$$R_i = r_{ia} (1+T) - R_L = 0,13 \cdot 10^6 (1 + 463,75) - 25 = \\ \approx 60 \text{ M}\Omega$$

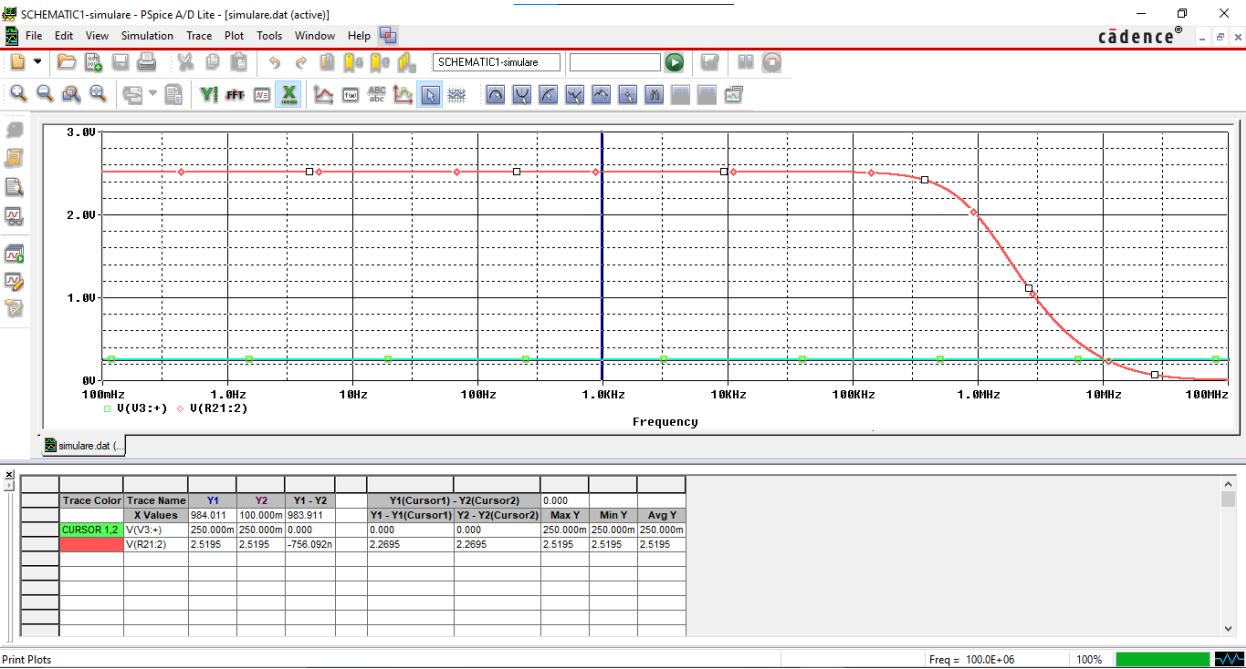
$$\frac{1}{R_o} = \frac{1}{r_{oa}} (1+T) - \frac{1}{R_L}$$

$$\frac{1}{R_o} = \frac{1}{24,94} (1 + 463,75) - \frac{1}{25} \approx 18,59 \Omega$$

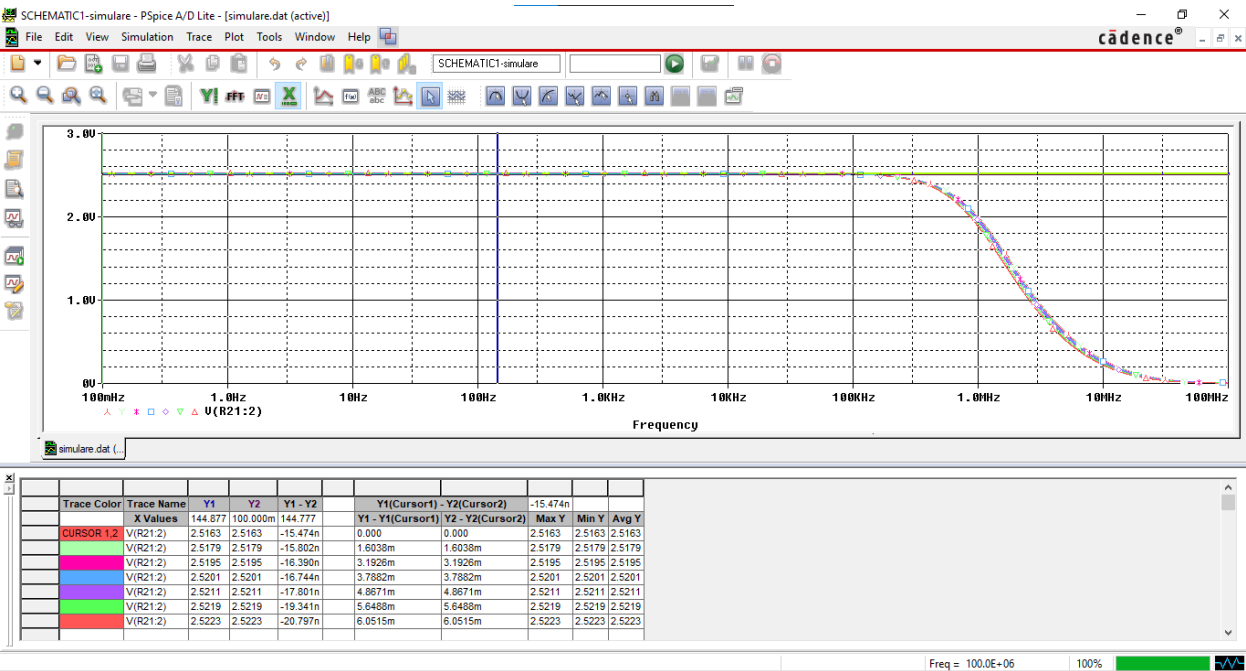
$$R_o \approx 0,054 \Omega$$

12.Rezultate simulari

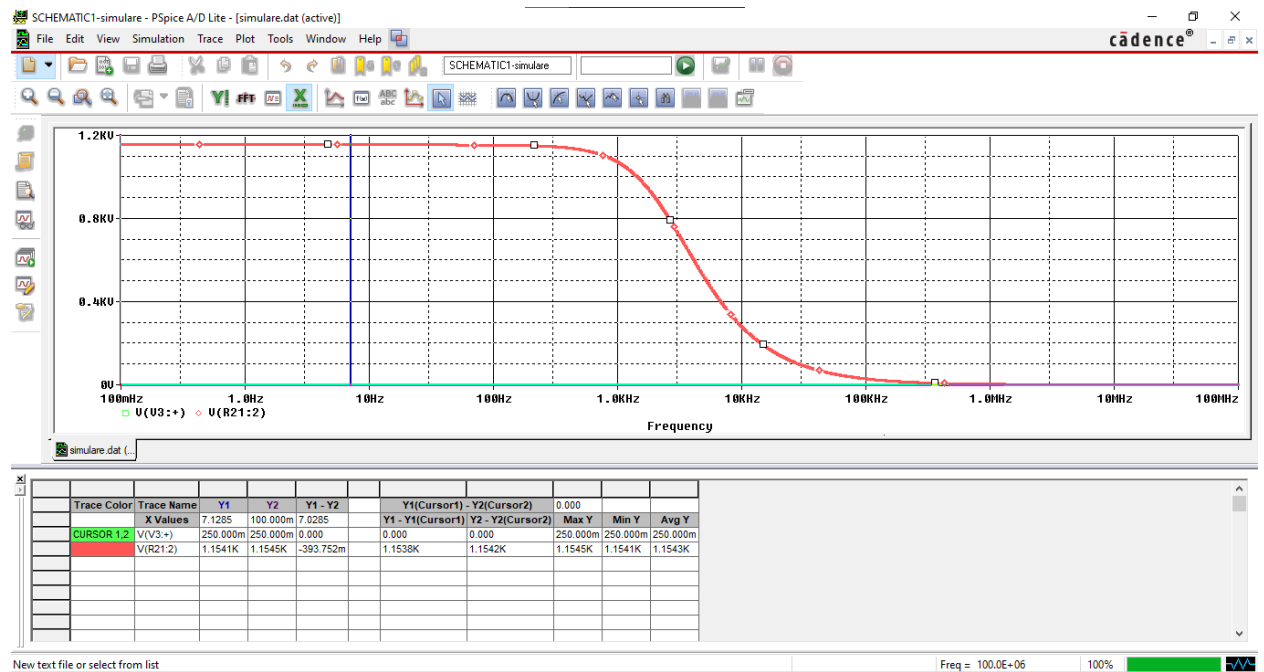
Ac_sweep



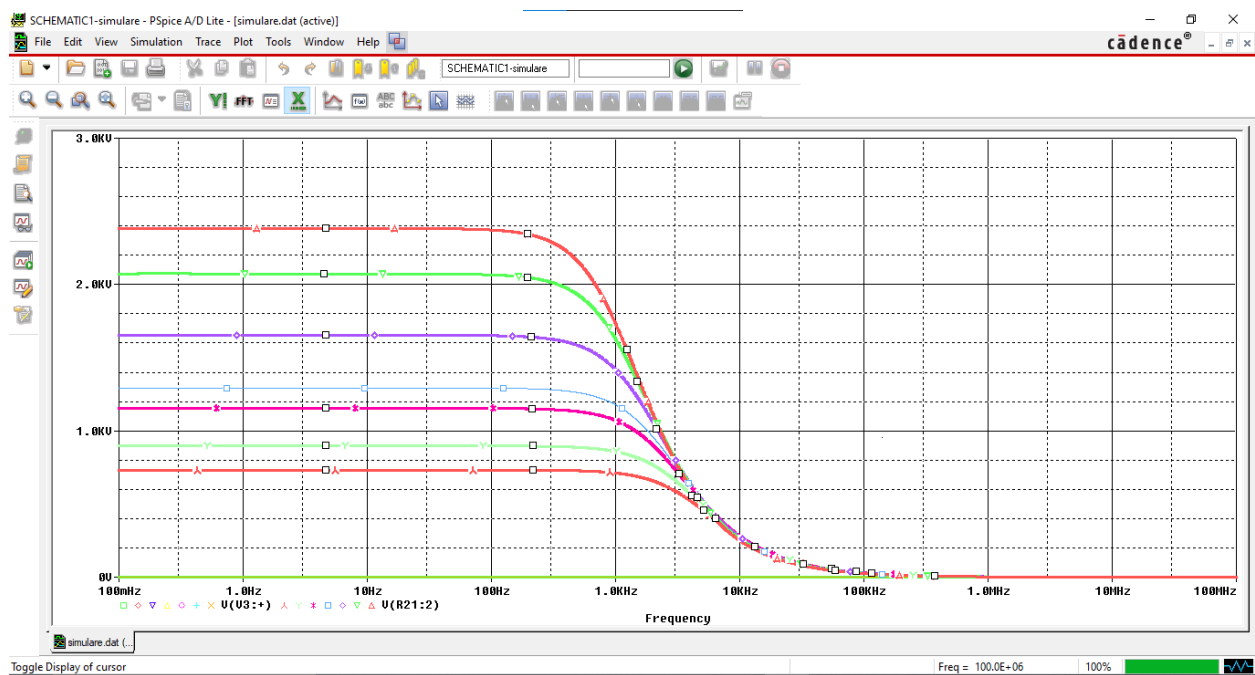
Ac_sweep_temp



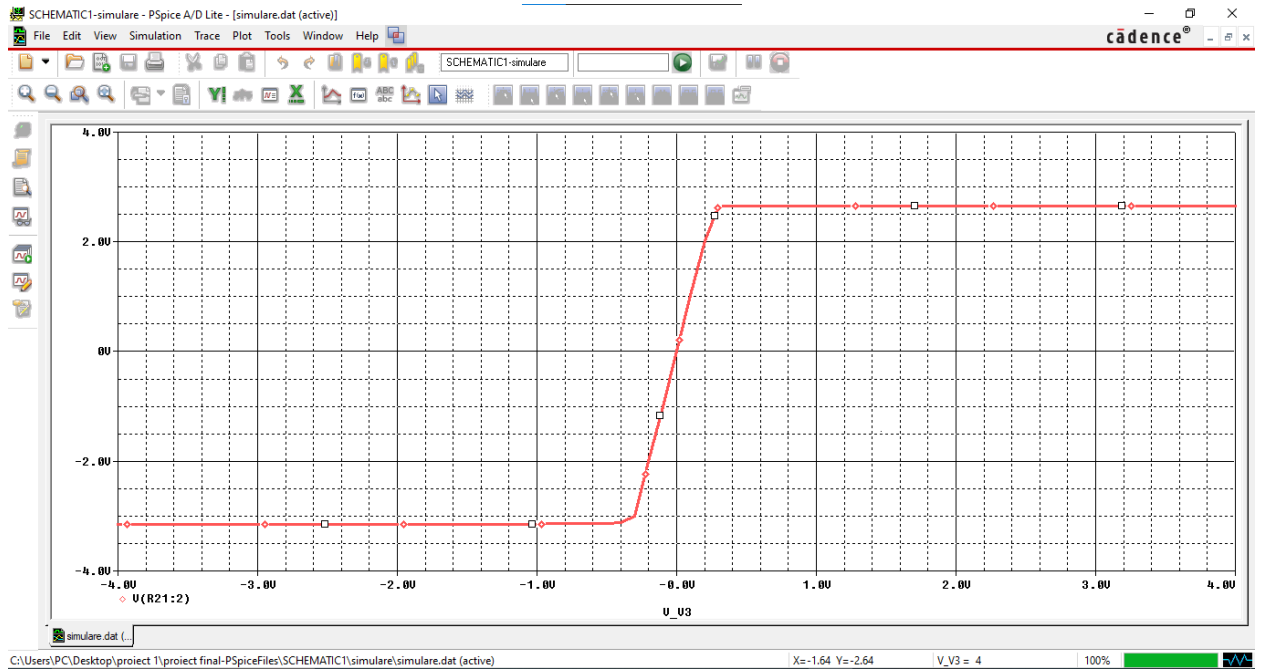
Ampiflicare_bucla_descisa



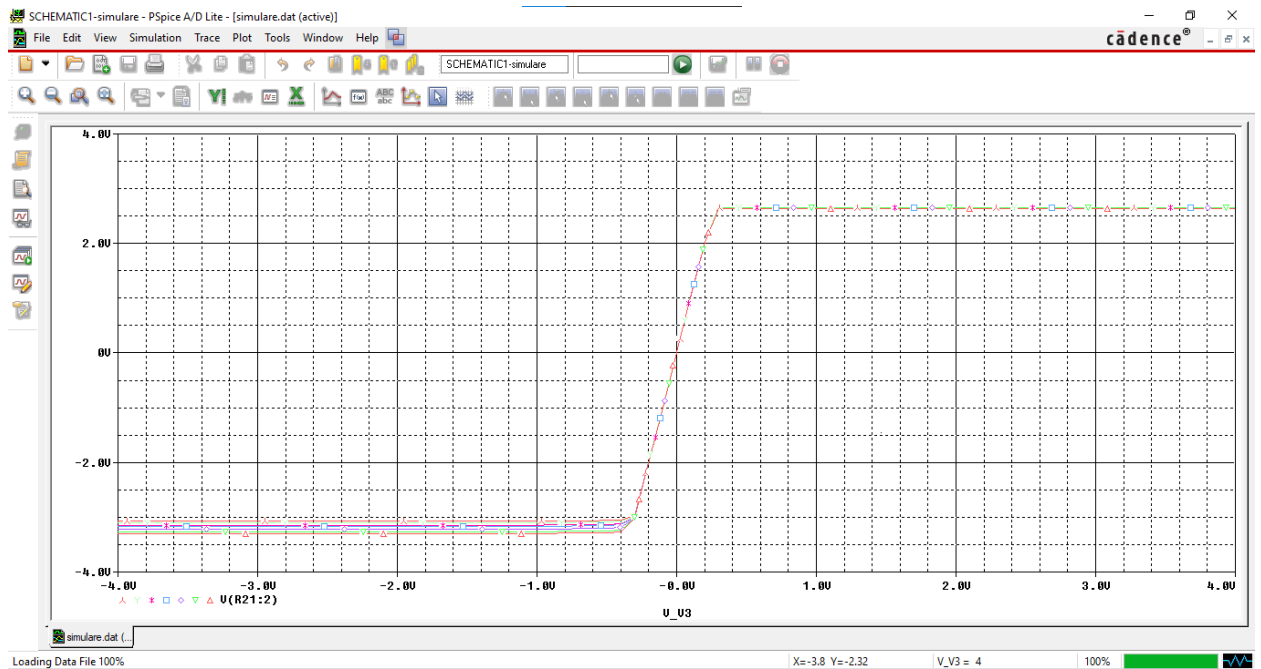
Amplificare_bucla_deschisa_temp



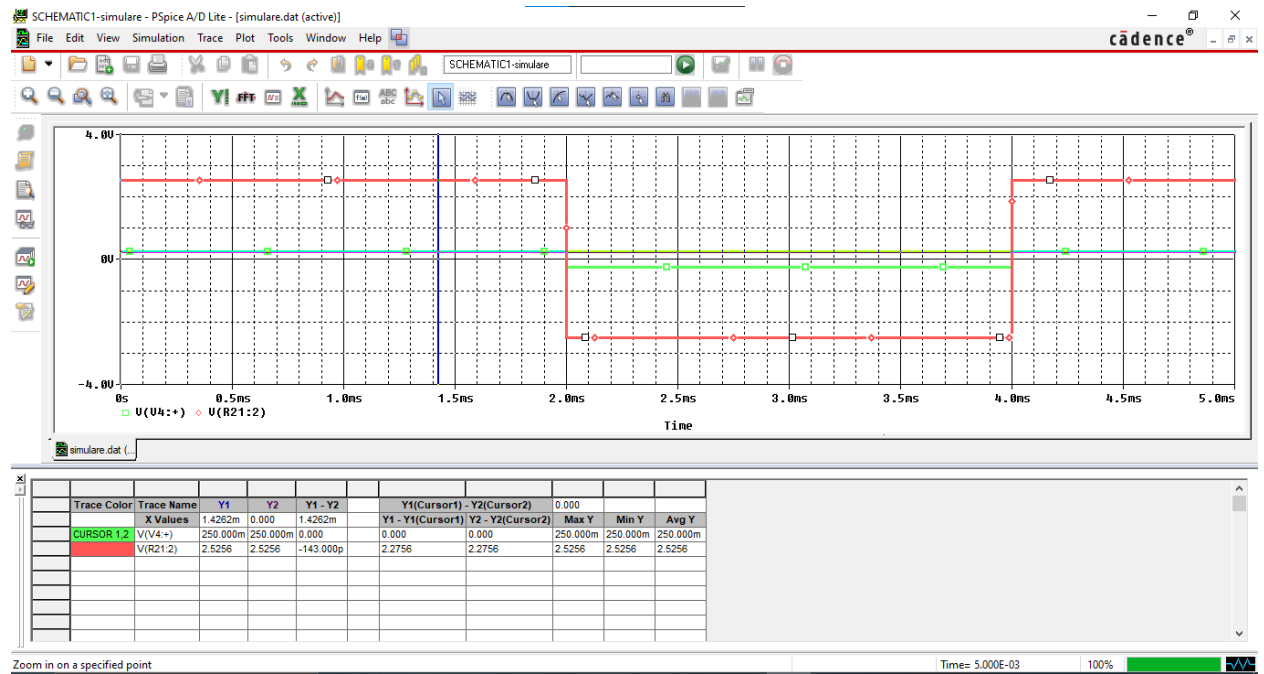
DC_sweep



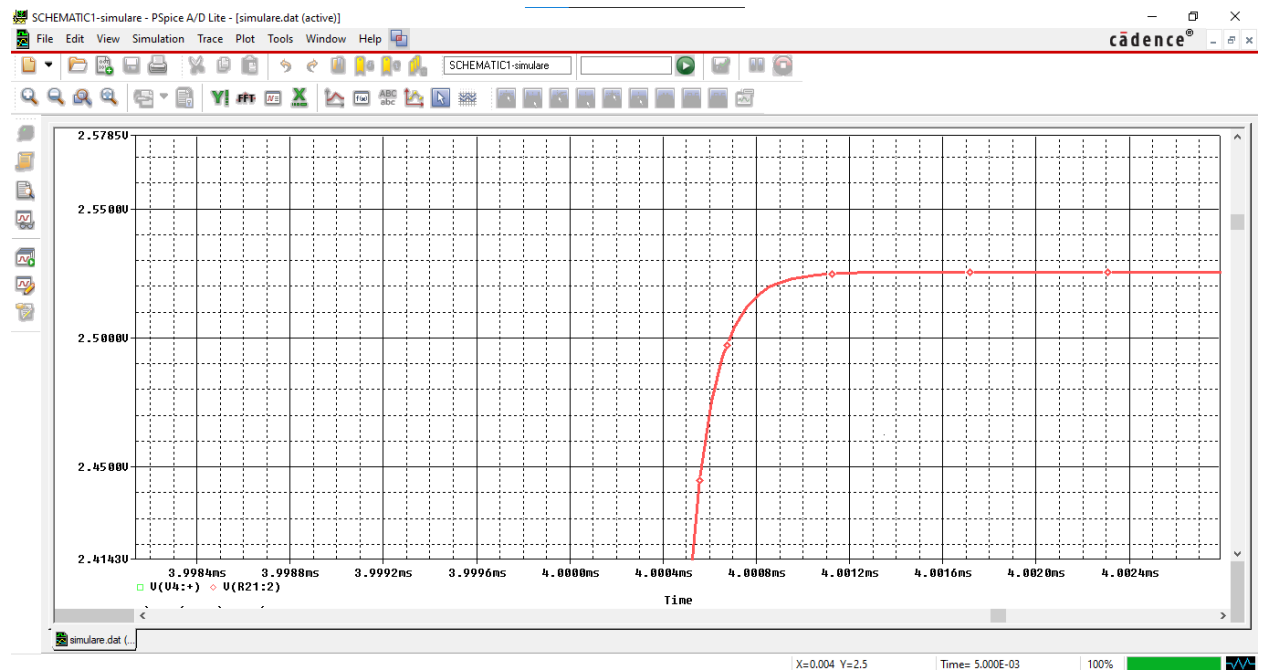
Dc_sweep_temp



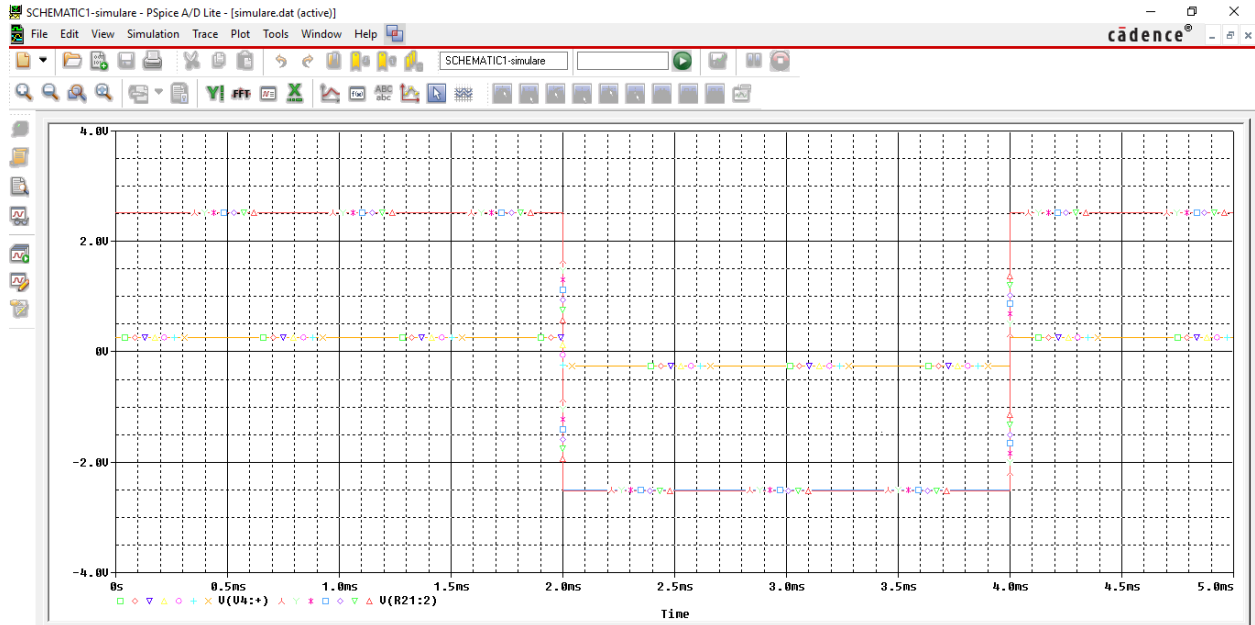
Dreptunghiular



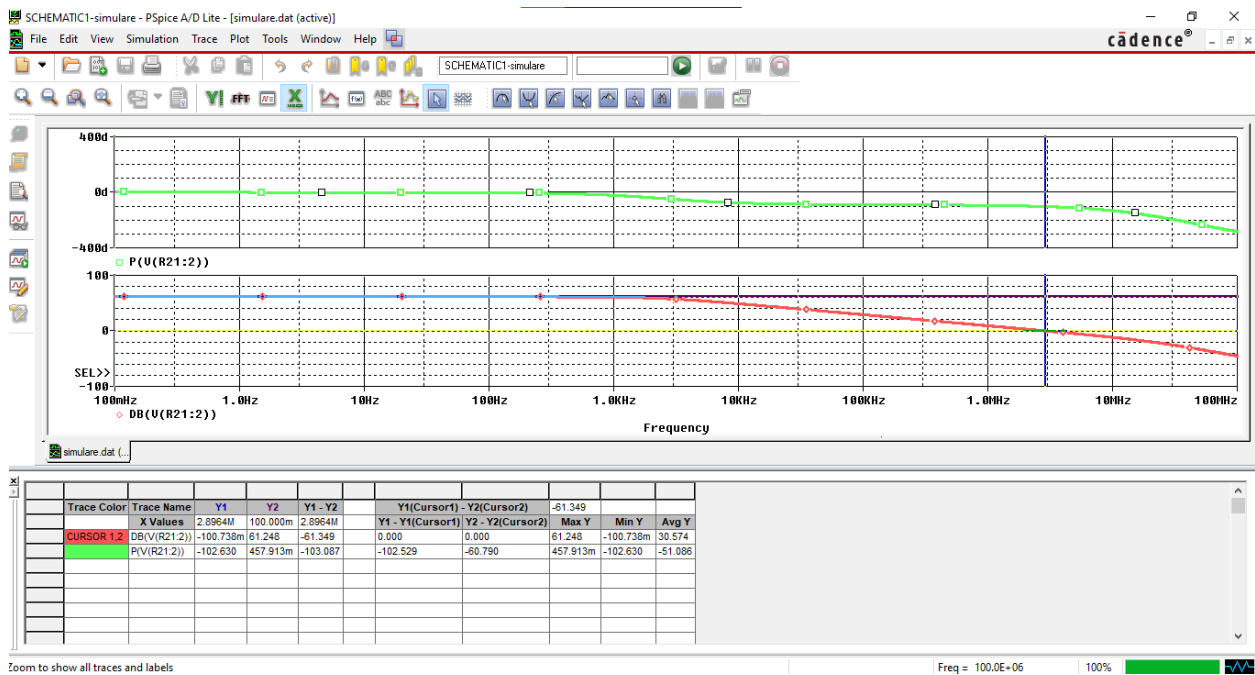
Dreptunghiular_zoom



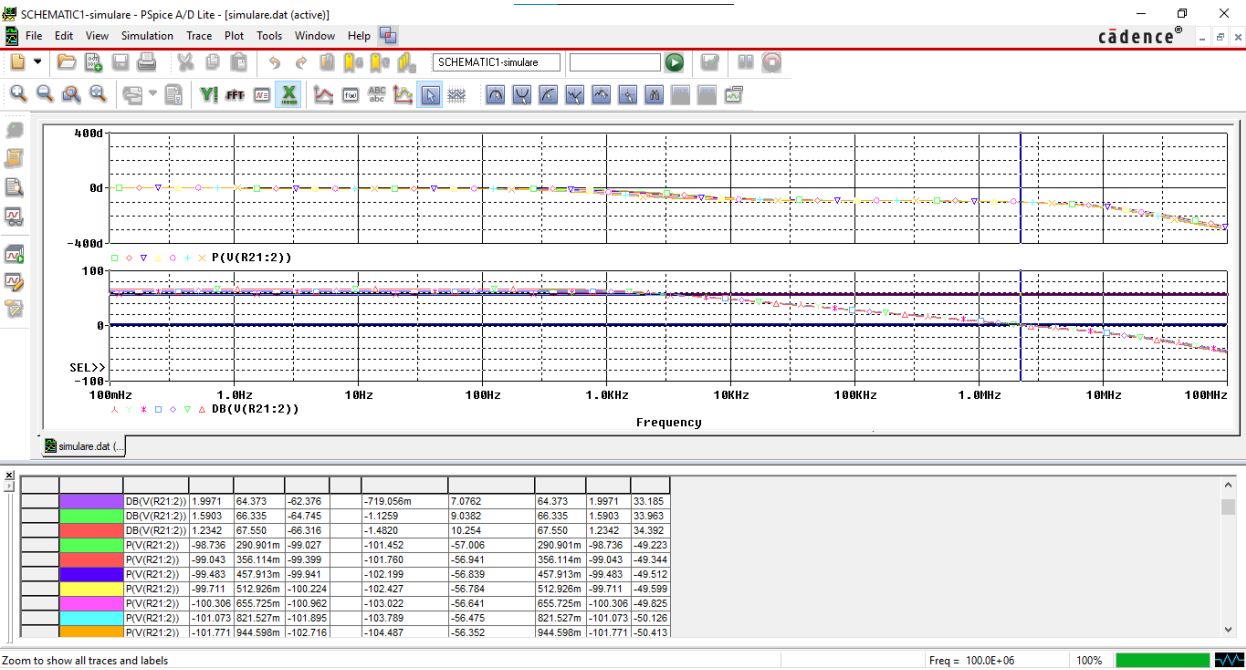
Dreptunghiular_temp



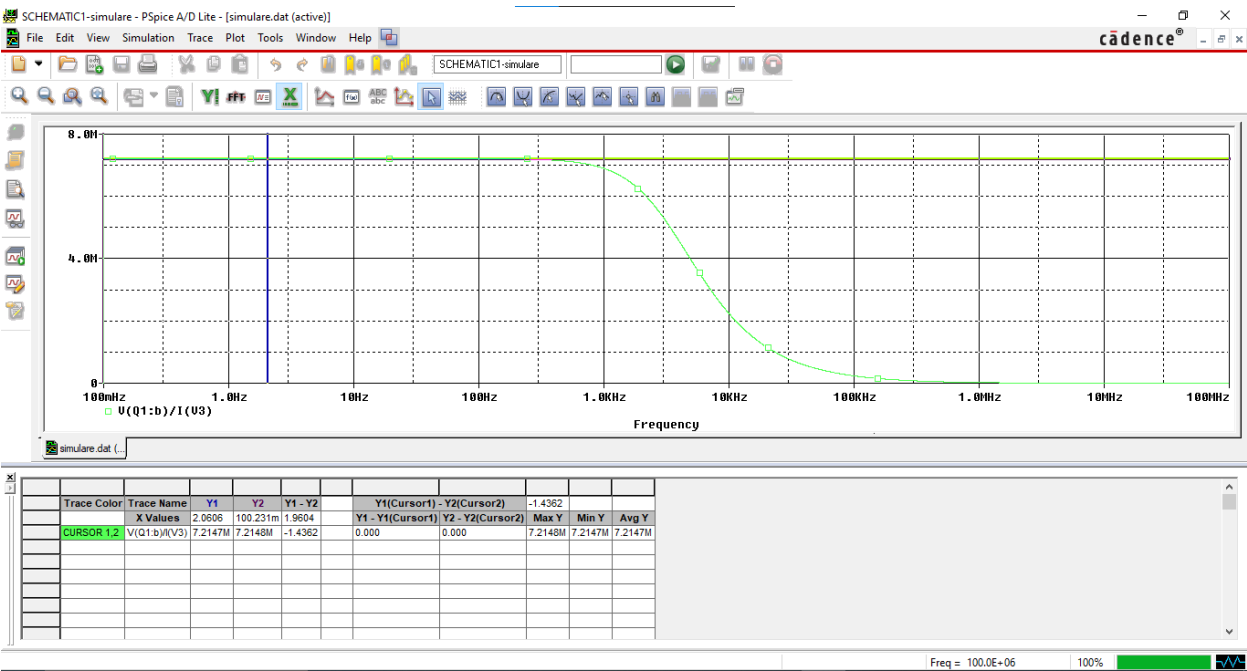
Rezerva_de_faza



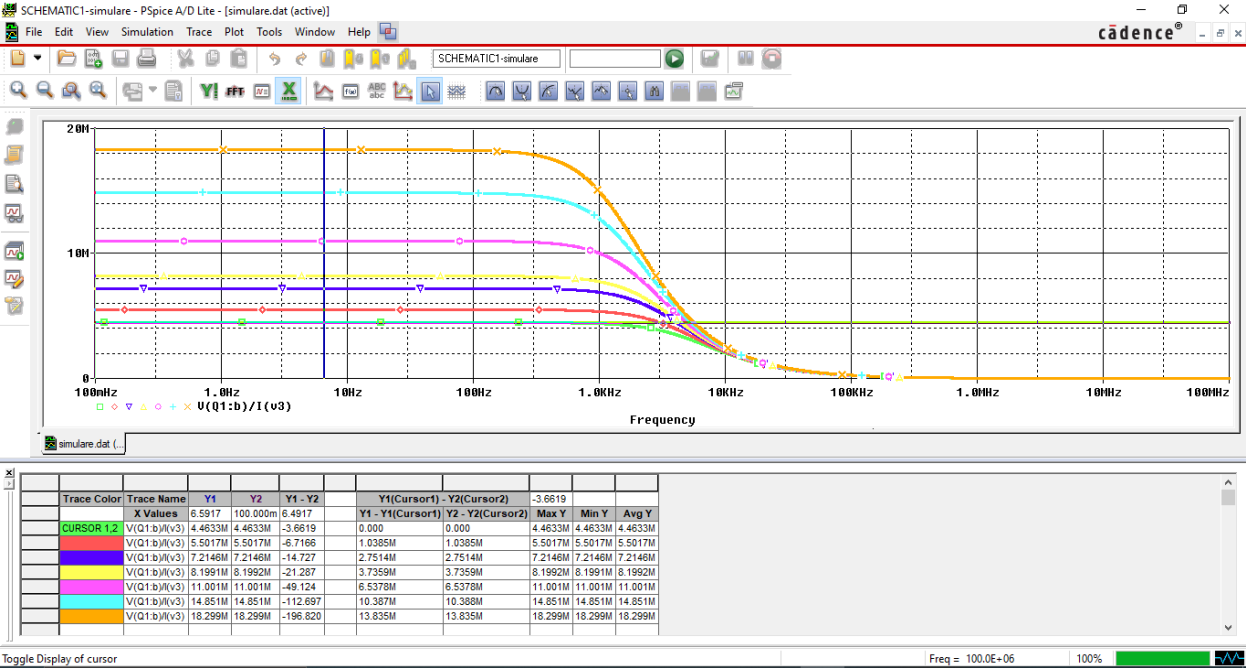
Reserva_de_faza_temp



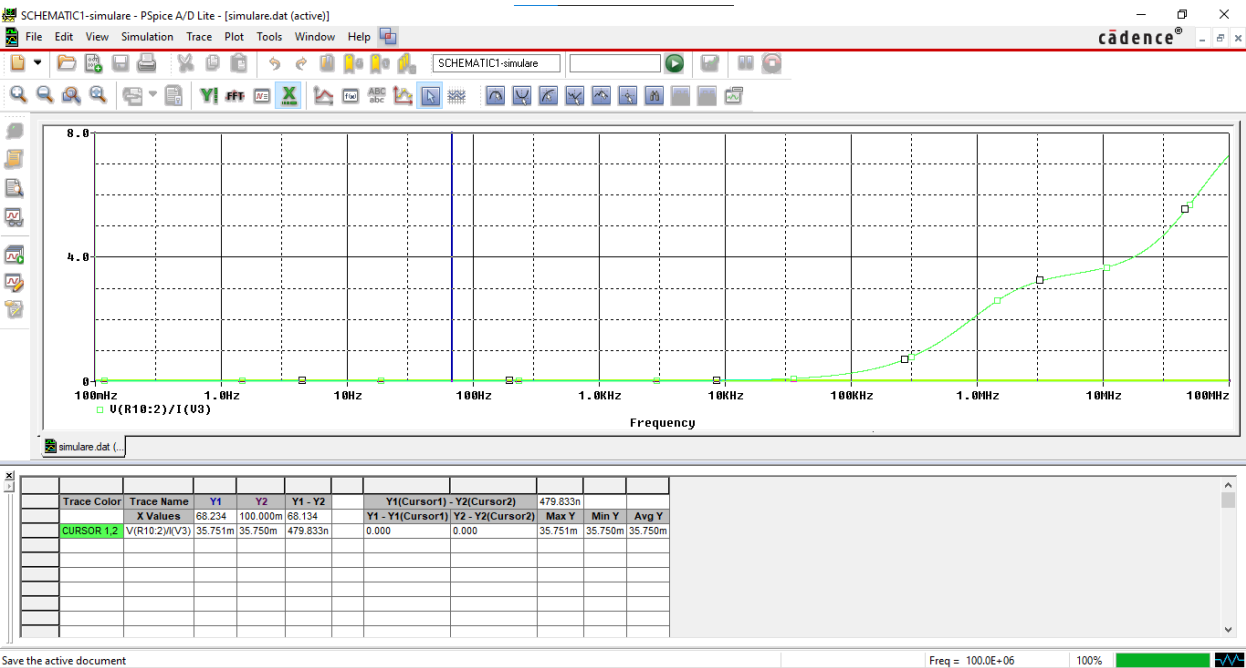
Ri



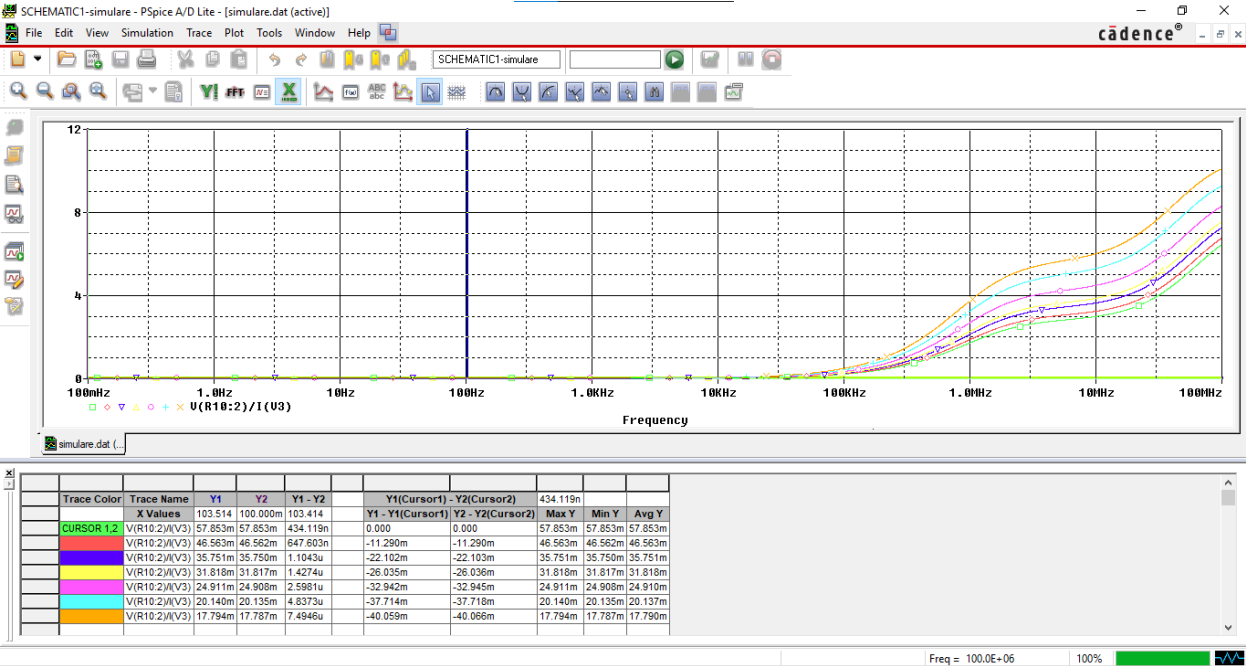
Ri_temp



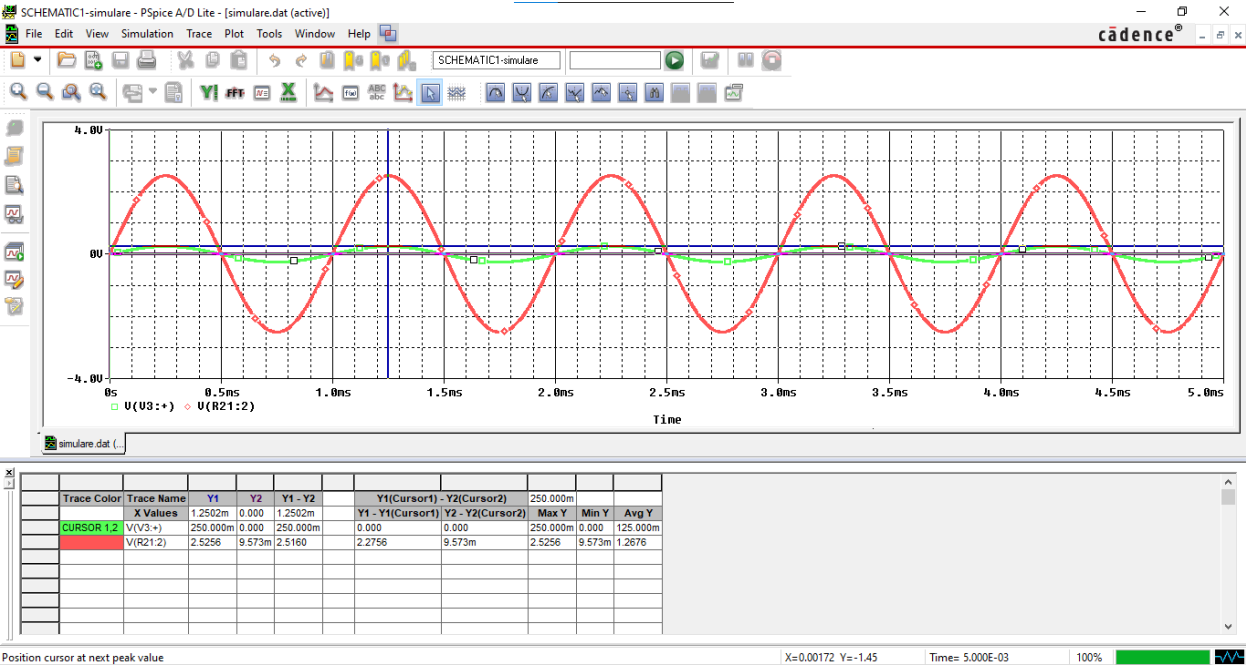
Ro



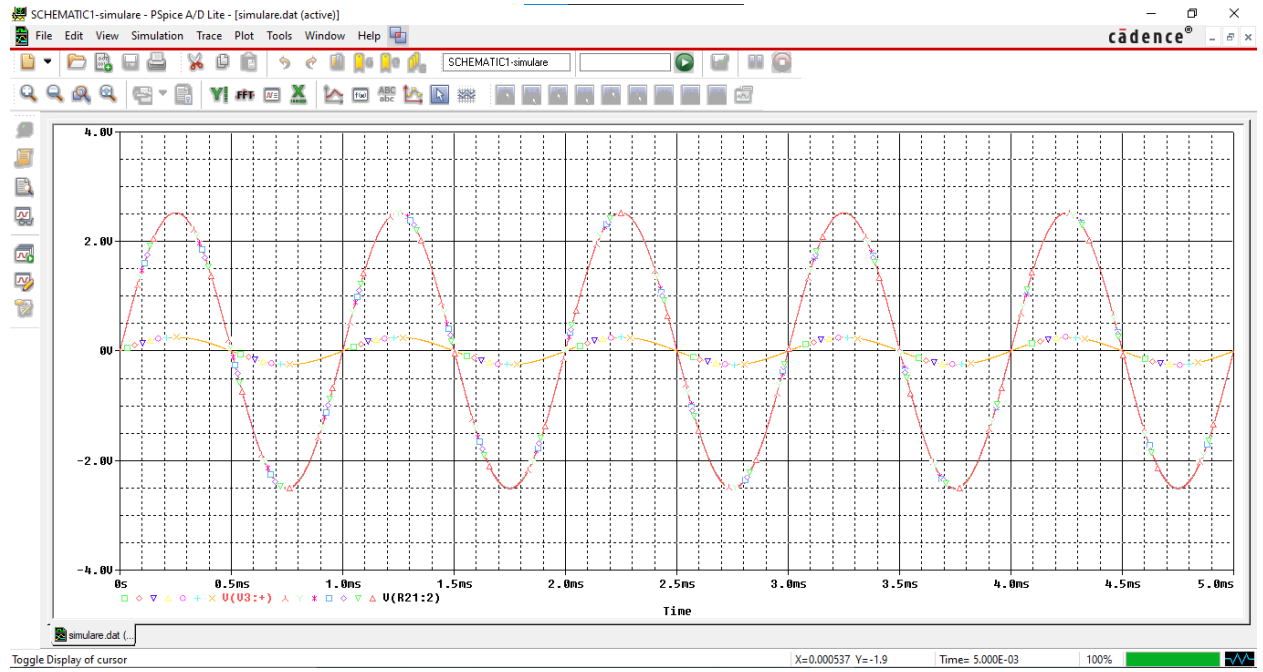
Ro_temp



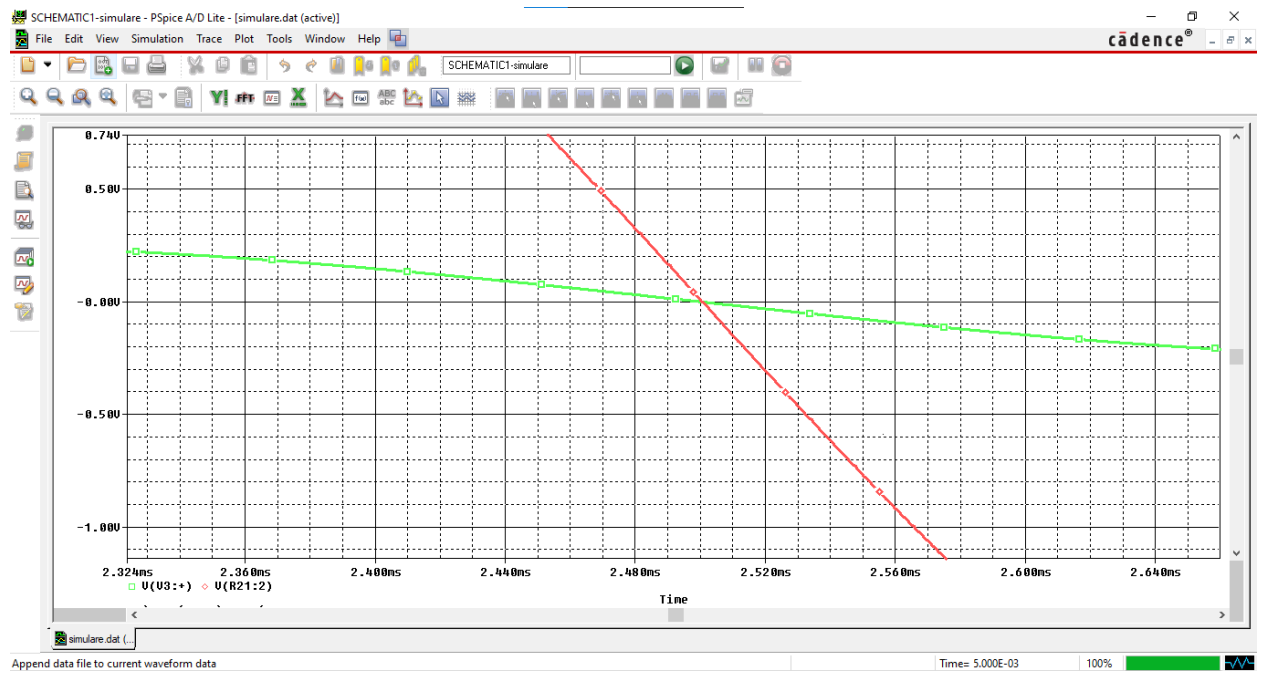
Transient



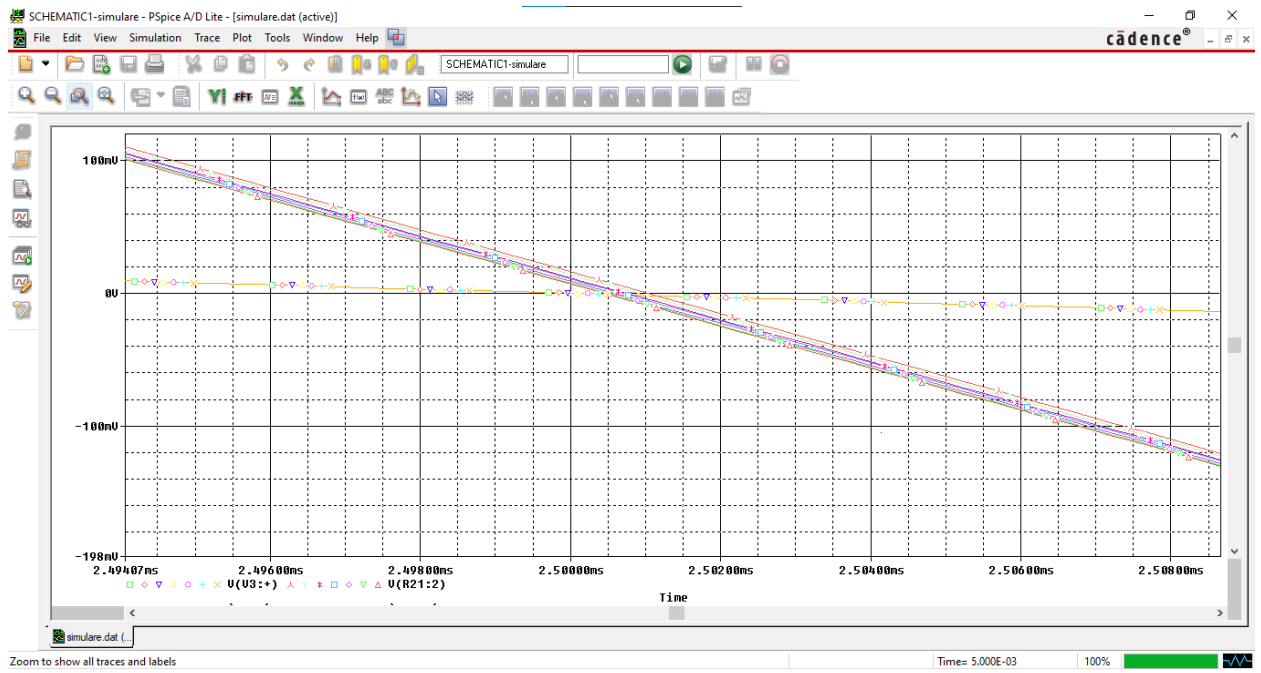
Transient_temp



Crossover (fiind clasa AB etajul nu exista, am simulat pentru a demonstra acest lucru)



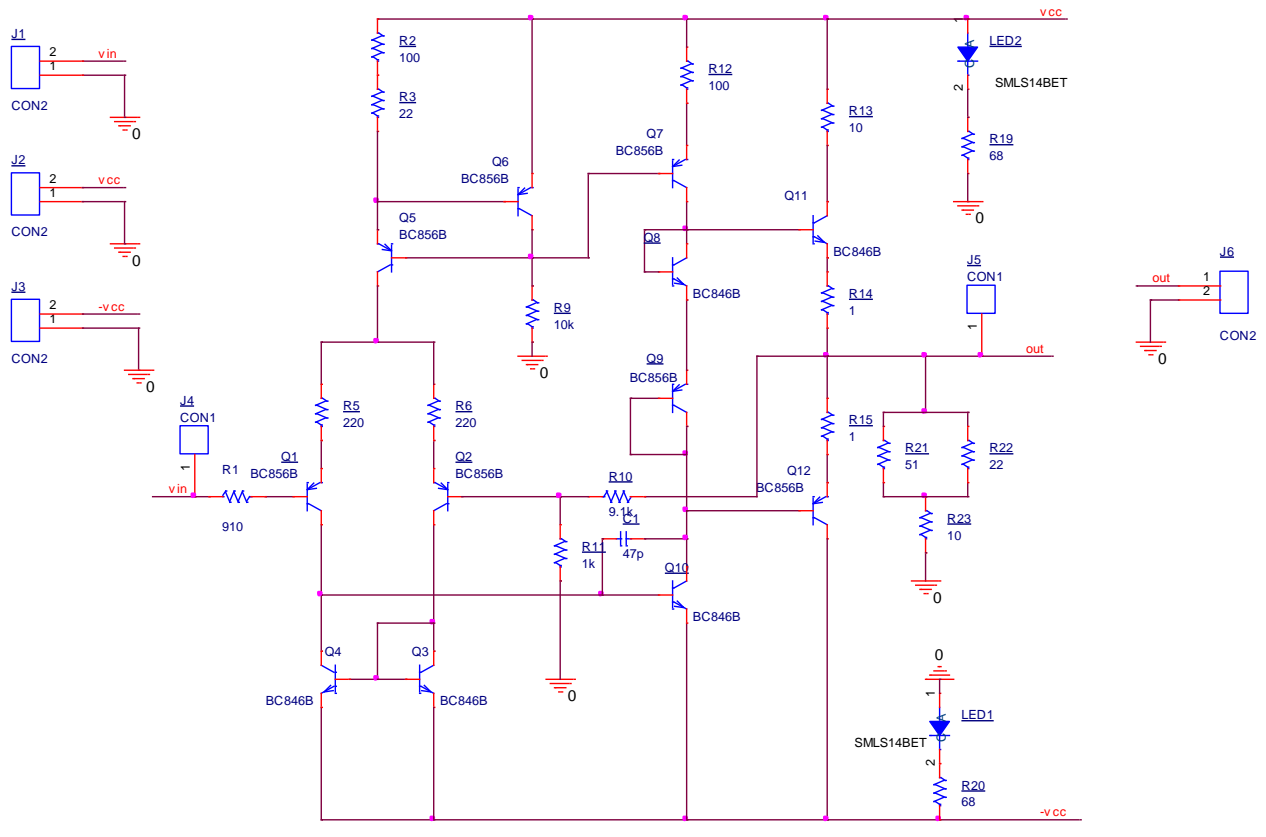
Crossover temp (fiind clasa AB etajul nu exista, am simulat pentru a demonstra acest lucru)



Bill of materials:

#	Nr. Bucati	ID schema	Valoare
1	1	C1	47pF
2	2	LED1,LED2	SMLS14BET
3	7	Q1,Q2,Q5,Q6,Q7,Q9,Q12	BC856B
4	5	Q3,Q4,Q8,Q10,Q11	BC846B
5	1	R1	910 Ω
6	2	R2,R12	100 Ω
7	2	R3,R22	22 Ω
8	2	R5,R6	220 Ω
9	1	R9	10k Ω
10	1	R10	9.1k Ω
11	1	R11	1k Ω
12	2	R13,R23	10 Ω
13	2	R14,R15	1 Ω
14	2	R19,R20	68 Ω
15	1	R21	51 Ω

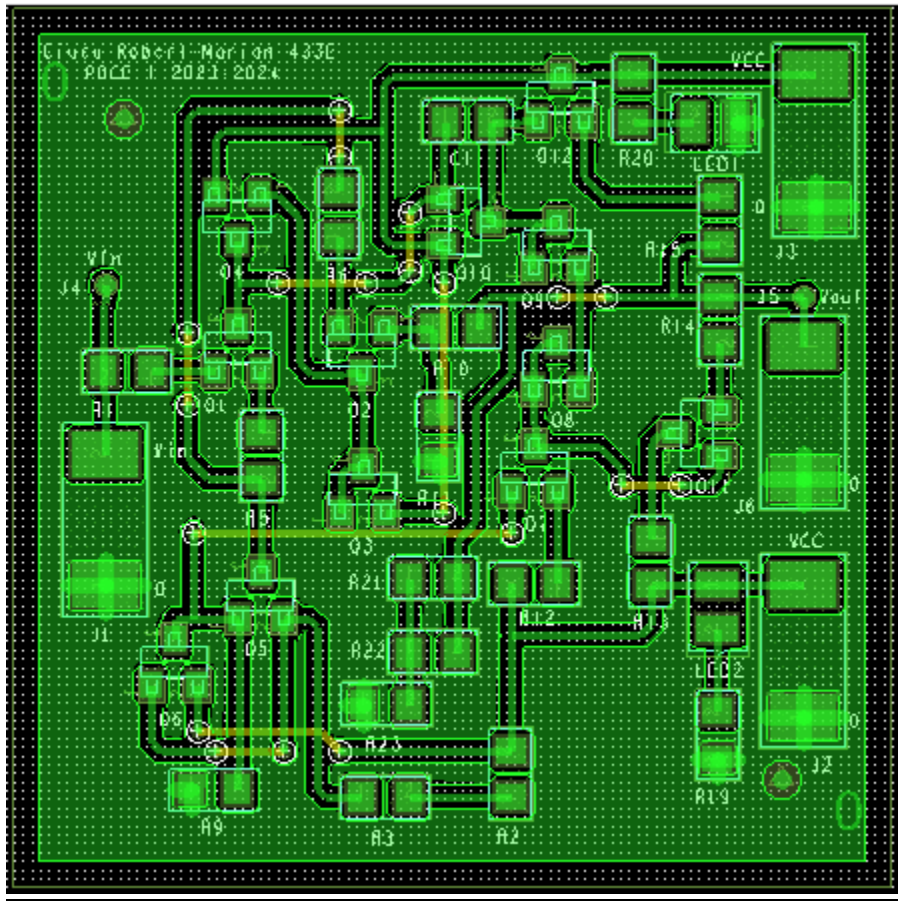
13. Schema OrCAD pe baza careia s-a realizat PCB-ul



Aceasta schema a fost realizata pe baza schemei de simulari, diferenta este ca sursa de intrare sinusoidal si sursele de tensiune constanta nu mai sunt conectate direct la circuit, acestea vor fi conectate din exterior prin intermediul unor conectori cu 2 pini J1,J2,J3. De asemenea pentru a face diferite masuratori la iesirea circuitului am conectat un conector cu 2 pini J6. Conectori cu un pin J4 si J5 sunt puncte de masura ce au rolul de a masura tensiunea de intrare si tensiunea de iesire pentru a vedea daca circuitul amplifica corect.

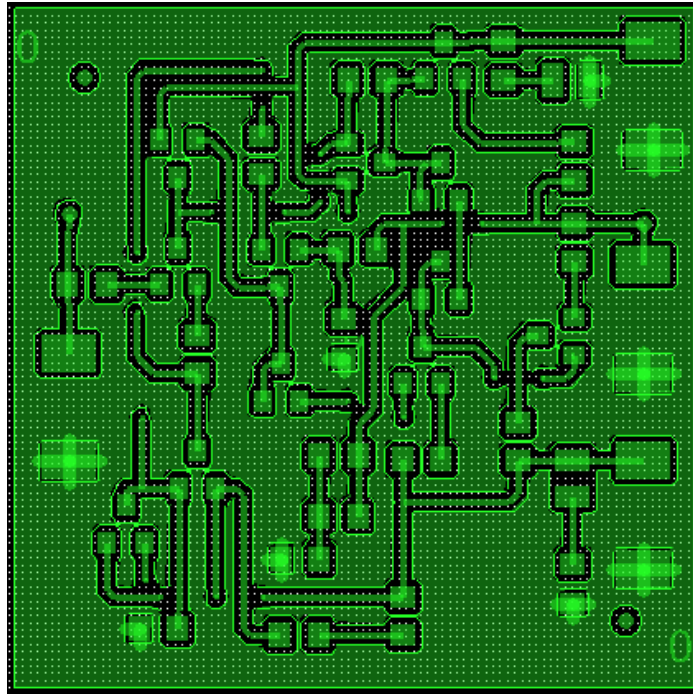
Conexiunile conectori-circuit au fost realizate utilizand net alias pentru o asezare mai usor de vizualizat in OrCAD.

14.Placa PCB

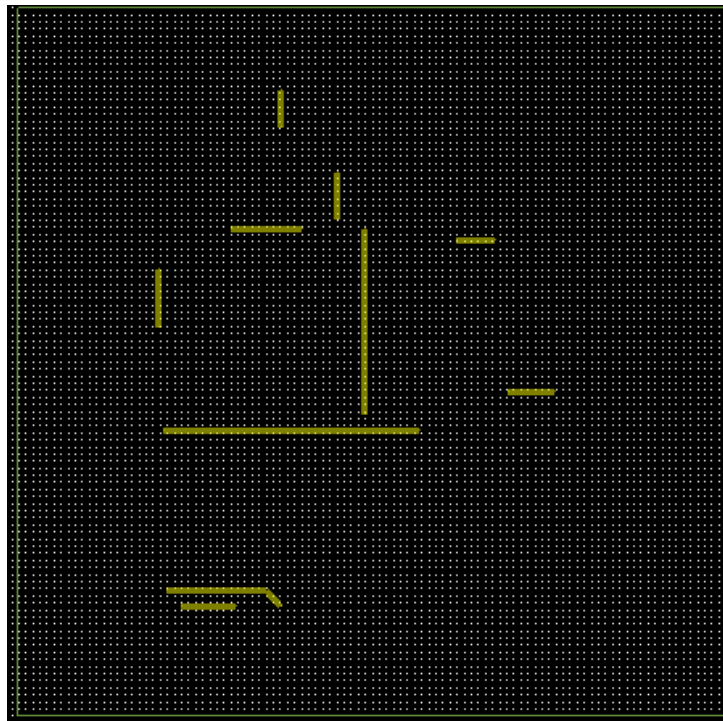


Placa a fost realizata prin transferul de componente al schemei din OrCAD, asezarea componentelor fiind facuta tot pe baza acesteia cu scopul de a obtine trasee cat mai scurte si mai drepte si cat mai putine pe bottom pentru a evita gaurirea in exces a placii. In afara de traseul de masa, toate traseele au fost realizate cu o dimensiune de 16 mil conform cerintei deoarece nu avem curenti prin circuit de 1A sau de sute de mA. Traseul de masa a fost realizat cu dimensiunea cea mai mare de 30 mil deoarece in acesta se strang toti curentii din circuit, de asemenea, pentru acesta s-a utilizat un plan de masa pantru realizarea mai usor a conexiunilor.

Layer TOP:

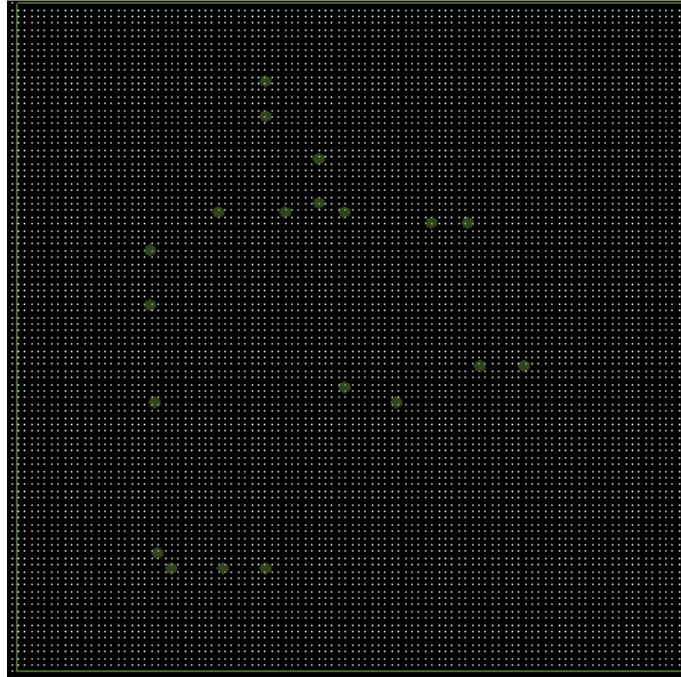


Layer BOTTOM:



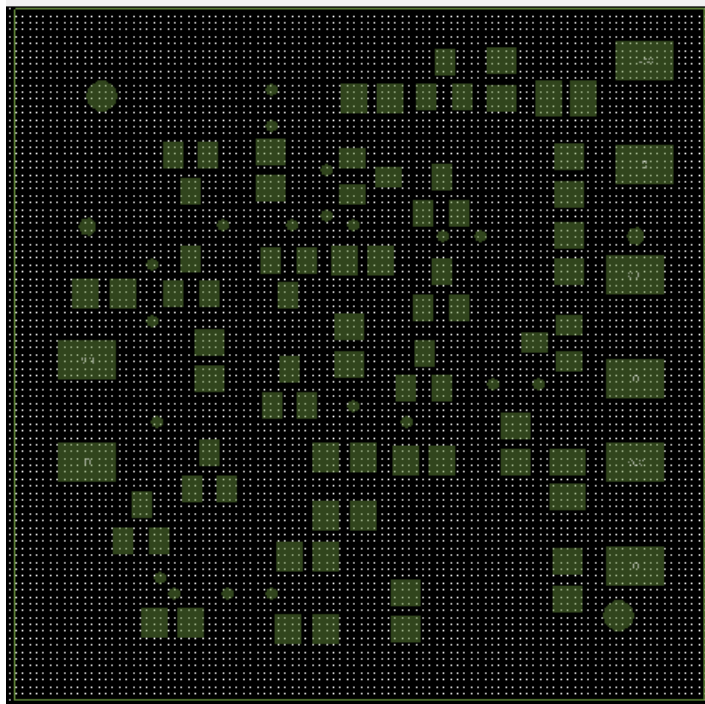
Conturul placii nu face parte din layer, a fost pus cu scop orientativ.

Layerul Soldermask_Bottom



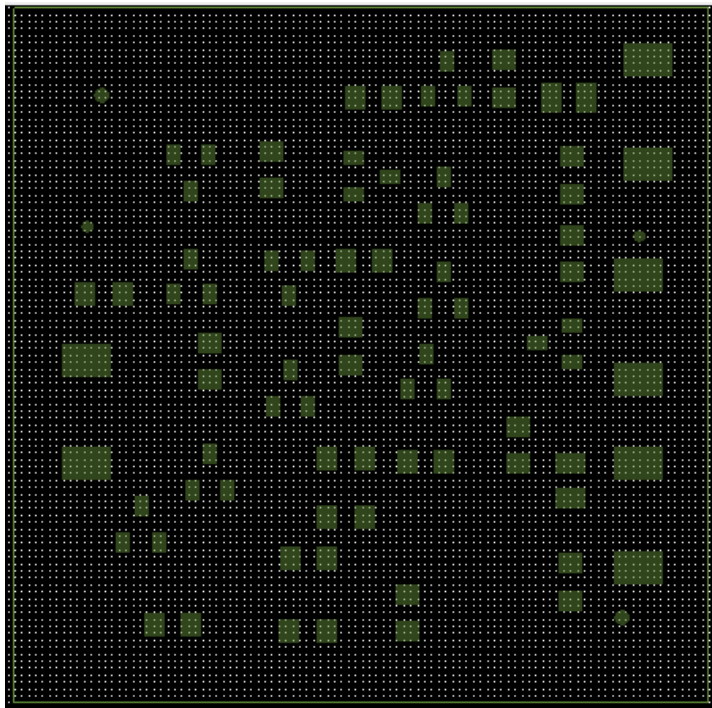
Conturul placii nu face parte din layer, a fost pus cu scop orientativ.

Layerul Soldermask_TOP



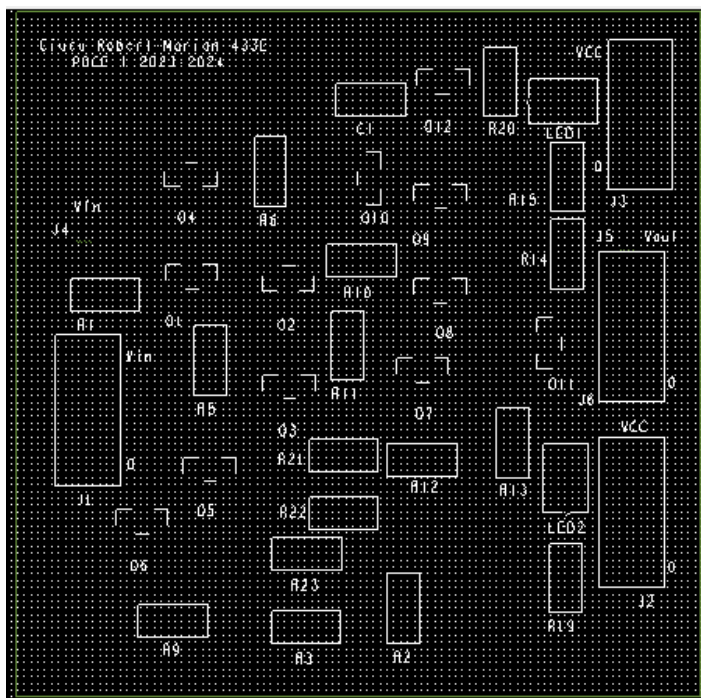
Conturul placii nu face parte din layer, a fost pus cu scop orientativ.

Layerul Solderpaste_TOP



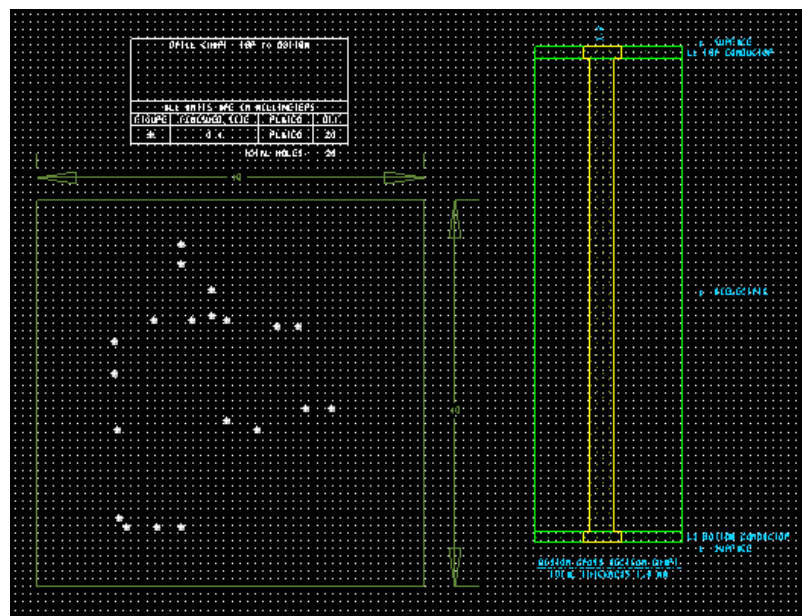
Conturul placii nu face parte din layer, a fost pus cu scop orientativ.

Layerul Silkscreen_Top



Conturul placii nu face parte din layer, a fost pus cu scop orientativ.

Layerul Fabrication



Layer Board outline

