



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București  
FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA  
INFORMAȚIEI

# **STABILIZATOR DE TENSIUNE CU ELEMENT DE REGLAJ SERIE**

Proiect 1-DCE

**Student: Năftănăilă Luiza-Georgiana**

**Grupa: 431E**

**Disciplină: PDCE**

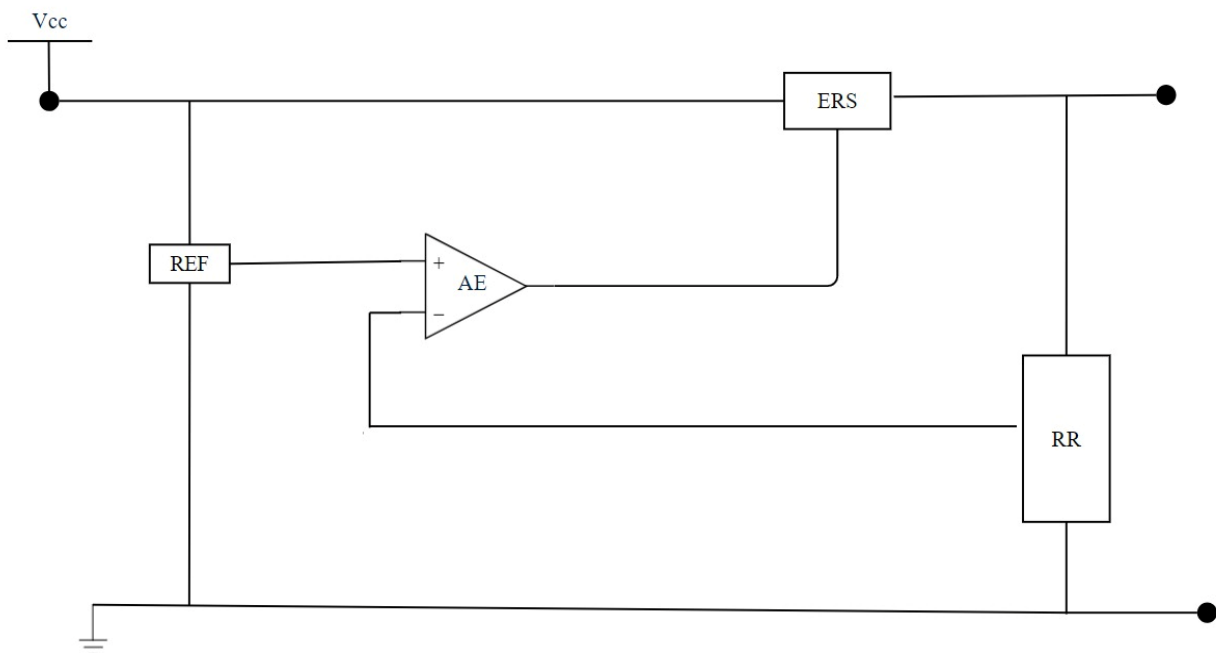
# Tema 7

(N = 17)

## 1. Date de proiectare

- Să se proiecteze și realizeze un stabilizator de tensiune cu ERS având următoarele caracteristici:
- ♦ Tensiunea de ieșire reglabilă în intervalul: 8.5-17 [V]
- ♦ Element de reglaj serie;
- ♦ Sarcina la ieșire 850 [ $\Omega$ ];
- ♦ Deriva termică  $< 2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ ;
- ♦ Protecție la suprasarcină prin limitarea temperaturii tranzistorului element de reglaj serie la  $100^{\circ}\text{C}$ , și a curentului maxim la 0,4A;
- ♦ Tensiune de intrare în intervalul: 30.6-34 [V]
- ♦ Domeniul temperaturilor de funcționare:  $0^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$  (verificabil prin testare în temperatură);
- ♦ Amplificarea în tensiune minimă (în buclă deschisă) a amplificatorului de eroare: minim 200;
- ♦ Semnalizarea prezenței tensiunilor de intrare/ieșire cu diodă de tip LED

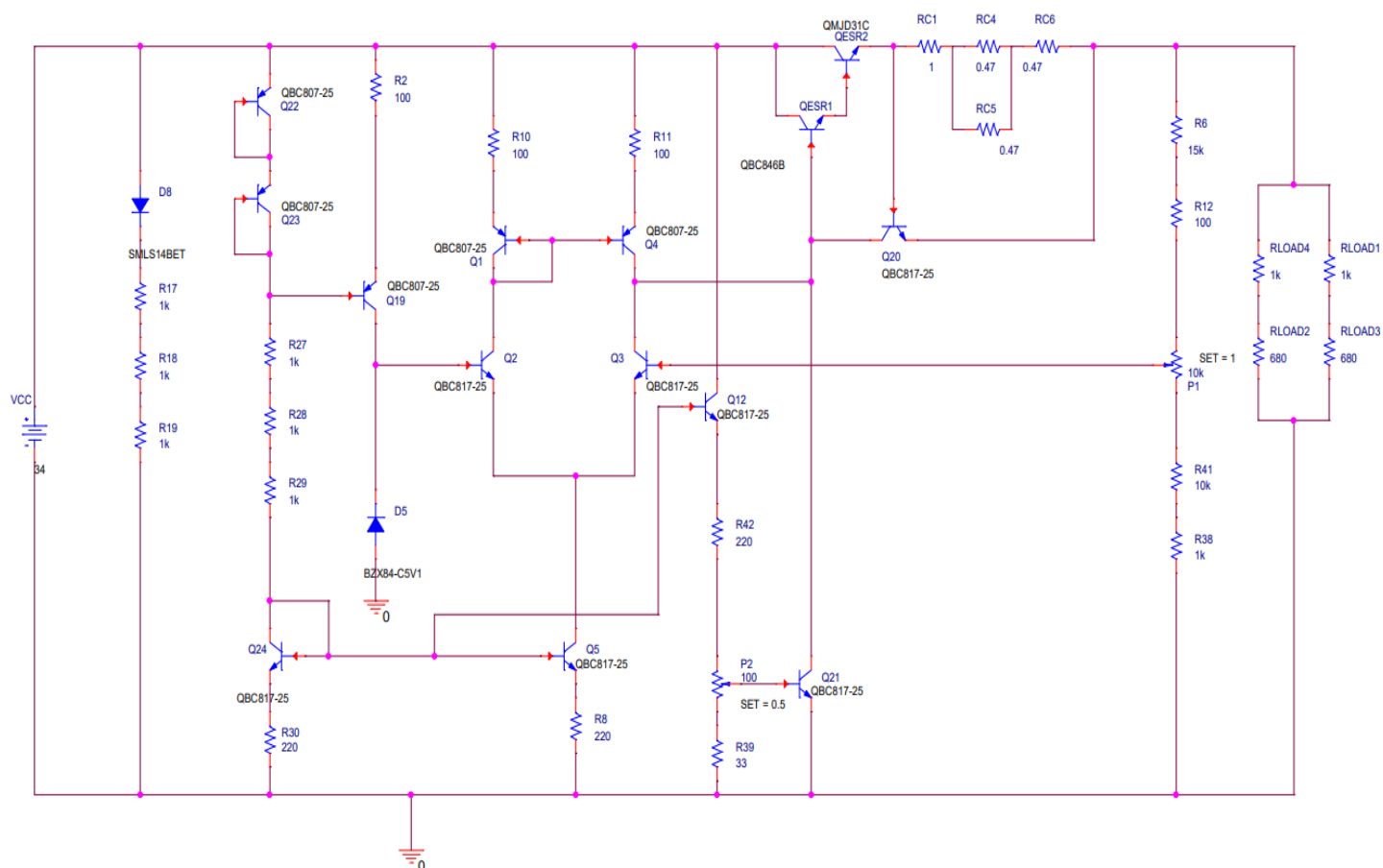
## 2. Schema bloc- Stabilizator de tensiune ERS

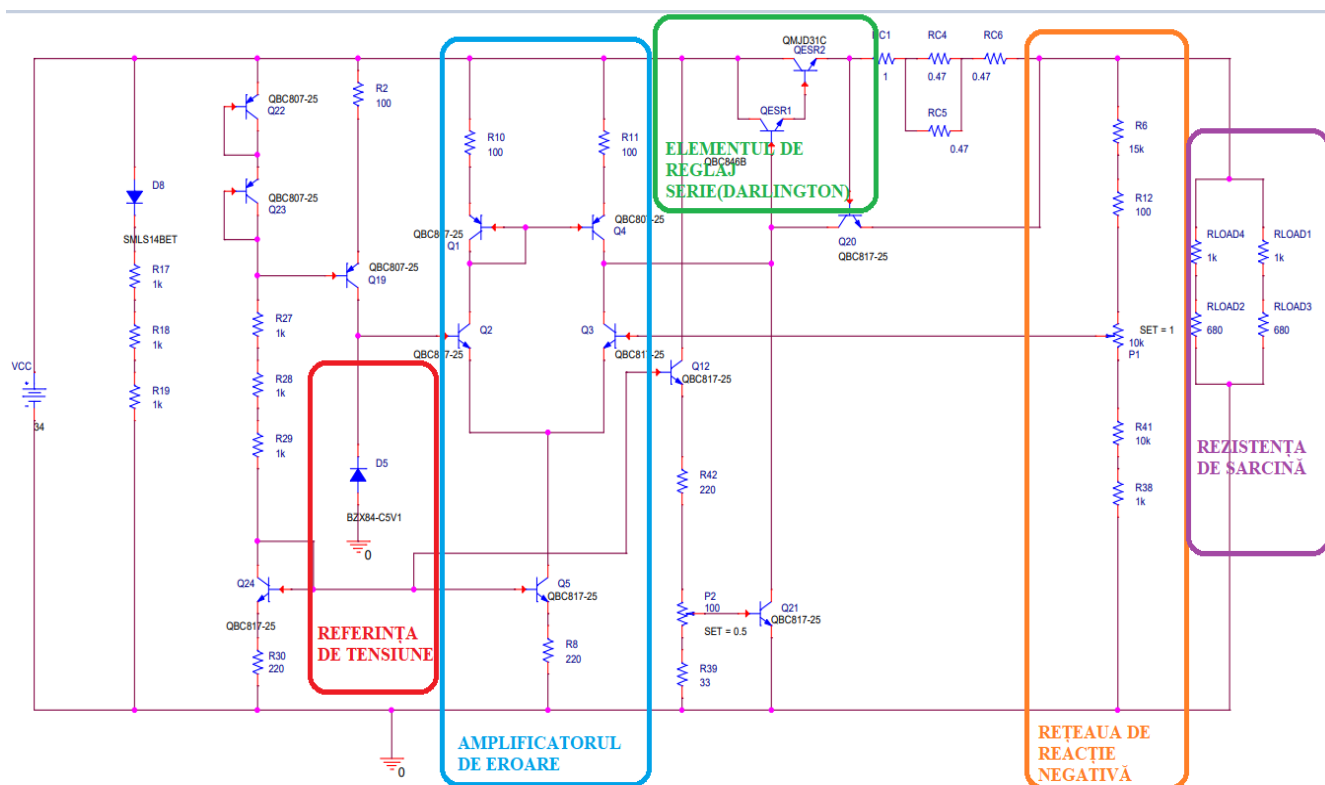


- **REF** – Referința de tensiune - asigură stabilitate în timp la variația tensiunii de intrare și a temperaturii;

- **ERS** - Elementul de reglaj serie - menține tensiunea de ieșire la nivelul specificat sub controlul amplificatorului de eroare;
- **RR** – Rețeaua de reacție negativă – preia semnalul de ieșire de la ieșirea amplificatorului în sensul scăderii amplitudinii acestuia;
- **AE** – Amplificatorul de eroare compară tensiunea de ieșire, pentru a acționa asupra elementului de reglaj;

### 3. Schema electrică





### Rolul principalelor elemente din circuit:

- Dioda Zener, D5 este referința de tensiune și este polarizată de sursa de curent Q22, Q23, R2;
- Etajul diferențial Q2 și Q3, împreună cu sursa de curent Q5 și R8 și oglinda de curent Q1, Q4, R10 și R11 formează amplificatorul de eroare;
- Grupul QERS-QERS2 constituie elementul de reglaj serie, deoarece QESR2 este un tranzistor de putere (bF redus) care dă curentul prin sarcină. Tranzistorul QERS are rolul de demultiplicare a curentului de bază al lui QESR2 și face posibilă funcționarea amplificatorului de eroare la curenți acceptabili;
- Gruparea serie a rezistoarelor R6, R12, R37, R41, R38, R9, R34, împreună cu potențiometrul P1 formează rețeaua de reacție negativă, iar valorile acestora au fost alese astfel încât să regleze tensiunea de ieșire în intervalul dorit;
- Gruparea rezistoarelor RLOAD, RLOAD1-RLOAD7 formează rezistența de sarcină și au fost alese astfel încât puterea disipată pe fiecare dintre acestea să nu depășească 125 mW, impusă de producător;
- Oglinda de curent are rolul de a asigura curenți egali prin cele două ramuri;
- Q21 îndeplinește rolul senzorului de temperatură, iar tensiunea  $V_{BE}$  a acestuia, la care poate să conducă un curent semnificativ, scade cu  $2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ ;
- Potențiometrul P2 are rolul de a ajusta valoarea divizorului de tensiune, R32, R42, R43, R39, P2, astfel încât tensiunea din emitorul lui Q12 să deschidă pe Q21 la circa  $100^{\circ}\text{C}$ ;
- Valoarea diodei Zener a fost aleasă astfel încât coeficientul de variație cu temperatura să fie mic, aproape de 0, această dioda de 5.1V având un drift termic foarte mic;
- Calculul PSF-ului de mai jos s-a realizat pentru o rezistență de sarcină de  $850 \Omega$ , dar aceasta a fost înlocuită cu un grup de mai multe rezistoare deoarece puterea disipată printr-o singură rezistență de această valoare este prea mare;
- Pentru a asigura un curent adecvat aprinderii LED-ului D8 s-au ales rezistoare de valoare  $1 \text{ k}\Omega$ , respectiv  $220 \Omega$  și  $150 \Omega$  pentru aprinderea LED-ului D9;

- Rezistoarele ce fac parte din oglinda de curent au rolul de a egala cei doi curenți, având o cădere de tensiune mică pe aceștia;
- Rezistoarele înseriate cu LED-urile au rolul de a prelua o mare parte a tensiunii de intrare/ieșire;
- Tranzistorul Q20 împreună cu gruparea de rezistoare formată din RC1, RC4, RC5, RC6 asigură protecția la scurtcircuit. Valorile rezistoarelor au fost alese astfel încât prin tranzistorul QESR2 să fie forțat un curent mare și pentru a se asigura un curent optim pentru a ține tensiunea de ieșire constantă;
- Pentru potențiometrul ajustat la SET=1, valoarea tensiunii de ieșire se va calcula astfel:

$$V_z = V_o \frac{R_{41} + R_{38} + P_1}{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}$$

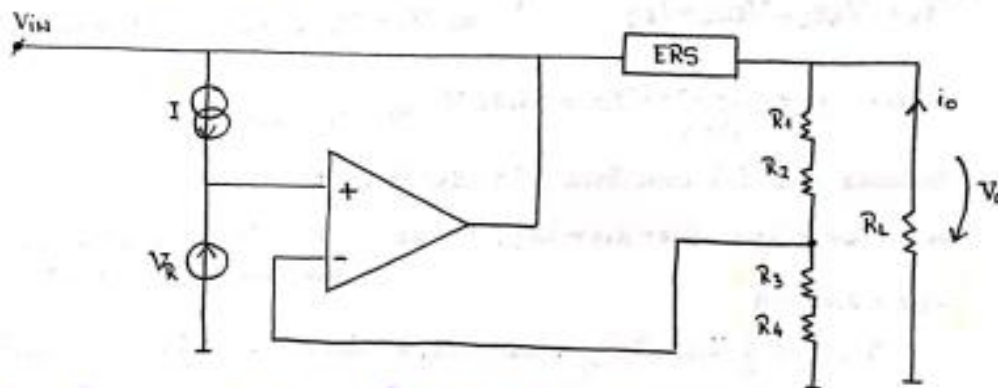
$$\Rightarrow V_o = V_z \frac{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38} + P_1}$$

#### 4. Calcul analitic și relații de dimensionare

##### a) Punctul static de funcționare-calcul teoretic

### STABILIZATOR DE TENSIUNE

- $R_L = 850 \Omega$ ;
- $V_o \in [8,5 - 17] V$
- $V_i \in [30,6 - 34] V$



#### Verificarea toleranței diodei Zener asupra circuitului

- Toleranță:  $\pm 5\%$ . Arm alea dioda Zener BZX84 - C5V1;

$$V_Z \in [5,1 - \frac{5}{100} \cdot 5,1 ; 5,1 + \frac{5}{100} \cdot 5,1]$$

$$\Leftrightarrow V_Z \in [4,845 ; 5,355] V$$

- Pentru  $V_Z = 4,845 V$ :

$$\triangleright V_{o\min} = V_Z \cdot \frac{R_C + R_{12} + R_{P1} + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38} + R_{P1}}$$

$$\triangleright V_{o\max} = V_Z \cdot \frac{R_C + R_{12} + R_{P1} + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38}}$$

$$\begin{cases} \rightarrow V_{o\min} = 4,845 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1 + 10} = 8,32 V \\ \rightarrow V_{o\max} = 4,845 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1} = 15,9 V \end{cases}$$

- Pentru  $V_Z = 5,355 V$ :

$$\begin{cases} \rightarrow V_{o\min} = 5,355 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1 + 10} = 9,2 V \\ \rightarrow V_{o\max} = 5,355 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1} = 17,57 V \end{cases}$$

$\Rightarrow (\forall) V_Z$ , limitele pentru  $V_o$  sunt atinse

## ~ Punctul static de funcționare teoretic ~

CAZ I  $\begin{cases} V_{IN} = 30,6 \\ \beta_1 = 1 \end{cases}$

$$V_{P1} = V_0 \cdot \frac{R_{41} + R_{38}}{R_C + R_{12} + \beta_1 + R_{41} + R_{38}} \quad \Rightarrow \quad V_{Z5} = V_0 \cdot \frac{R_{41} + R_{38}}{R_C + R_{12} + \beta_1 + R_{41} + R_{38}}$$

$$V_{P1} = V_{BE3} + V_{BE2} + V_{Z5} \quad \Rightarrow \quad V_0 = V_{Z5} \cdot \frac{R_C + R_{12} + \beta_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38}} =$$

$$= 5,1 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1} = 16,73 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad V_0 = 16,73 \text{ V}$$

Calculați curentul care trece prin LED-ul D8 :

$$V_{IN} = V_{D8} + I_{D8} (R_{17} + R_{18} + R_{19}) \Rightarrow I_{D8} = \frac{V_{IN} - V_{D8}}{R_{17} + R_{18} + R_{19}} = \frac{30,6 - 3,2}{1 + 1 + 1} = 9,13 \text{ mA}$$

$$I_{D8} = 9,13 \text{ mA}$$

Conform foii de catalog a LED-ului, tensiunea acestuia este de 3,2V

Am ales rezistențele  $R_{17}, R_{18}, R_{19}$  convenabil astfel încât curentul prin LED-ul D8 să fie optim conform foii de catalog, ținând cont și de puterile maxime admise pe rezistențe (cf. data sheet, 125 mW).

Calculați curentul prin tranzistorul Q13 :

$$\text{KIL: } V_{EC12} + V_{EC23} = I_{C13} \cdot R_2 + V_{BE13}$$

$$\Rightarrow I_{C13} = \frac{V_{EC23}}{R_2} = \frac{0,6}{0,1} = 6 \text{ mA} \quad \Rightarrow \quad I_{C13} = 6 \text{ mA}$$

Calculați tensiunea  $V_{EC}$  a tranzistorului Q13 :

$$V_{IN} = I_{C13} \cdot R_2 + V_{EC13} + V_{Z5} \Rightarrow V_{EC13} = V_{IN} - I_{C13} \cdot R_2 - V_{Z5} =$$

$$= 30,6 - 6 \cdot 0,1 - 5,1 = 24,9 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad V_{EC13} = 24,9 \text{ V}$$

Calculați curentul prin tranzistorul Q24 :

$$V_{IN} = V_{EC22} + V_{EC23} + I_{C24} (R_{17} + R_{18} + R_{19}) + I_{C24} R_{30} + V_{EC24}$$

$$\Rightarrow I_{C24} = \frac{V_{IN} - 3 \cdot V_{EC24}}{R_{17} + R_{18} + R_{19} + R_{30}} = \frac{30,6 - 3 \cdot 0,6}{1 + 1 + 1 + 0,22} = \frac{28,8}{3,22} = 8,94 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{C24} = 8,94 \text{ mA}$$

Deoarece curentul prin baza tranzistorului Q13 este foarte mic  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{C24} = I_{C22} = I_{C23} \Rightarrow I_{C23} = I_{C22} = 8,94 \text{ mA}$$



Deoarece  $Q_{24}$  și  $Q_5$  formează o oglindă de curenți  $\Rightarrow I_{C24} = I_{C5} = 8,94 \text{ mA}$

$$\Rightarrow I_{C5} = 8,94 \text{ mA}$$

Calculăm curenții prin tranzistorul  $Q_{12}$ :

$$V_{BE5} + I_{C5} \cdot R_8 = V_{BE12} + I_{C12} (R_{42} + R_2 + R_{33})$$

$$\Rightarrow I_{C12} = \frac{I_{C5} \cdot R_8}{R_{42} + R_2 + R_{33}} = \frac{8,94 \cdot 0,22}{0,22 + 0,1 + 0,03} = \frac{1,9668}{0,35} = 5,61 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{C12} = 5,61 \text{ mA}$$

Calculăm curenții prin rețeaua de reacție negativă:

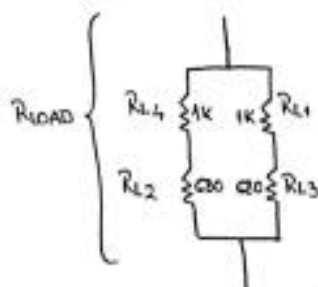
$$V_o = I_{\text{reacție}} \cdot R_{\text{reacție}} \Rightarrow I_{\text{reacție}} = \frac{V_o}{R_{\text{reacție}}} = \frac{V_o}{R_C + R_{12} + R_1 + R_{41} + R_{38}} =$$

$$= \frac{16,73}{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1} = \frac{16,73}{36,1} = 0,4634 \text{ mA} = 463,4 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow I_{\text{reacție}} = 463,4 \mu\text{A}$$

Calculăm curenții prin rezistența de sarcină,  $R_{\text{LOAD}}$ :

$$V_o = I_{\text{LOAD}} \cdot R_{\text{LOAD}} \Rightarrow I_{\text{LOAD}} = \frac{V_o}{R_{\text{LOAD}}} = \frac{16,73}{0,84} = 19,916 \text{ mA}$$



Cum rezistența echivalentă de pe ramura din stânga este egală cu rezistența echivalentă de pe ramura din dreapta  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{L4} = I_{L2} = I_{L1} = I_{L3} = \frac{I_{\text{LOAD}}}{2} = \frac{19,916}{2} = 9,95 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{L4} = I_{L2} = I_{L1} = I_{L3} = 9,95 \text{ mA}$$

Valorile rezistențelor au fost alese astfel încât rezistența echivalentă a acestora să fie cea impusă în cerințele de proiectare ( $R_{\text{LOAD}} = 850 \Omega$ ). Acestea au fost grupate în paralel pentru ca puterea disipată pe fiecare rezistor să nu depășească puterea maximă admisă specificată în fișa de catalog (125 mW).

Deoarece tranzistorii  $Q_1$  și  $Q_4$  formează oglindă de curenți și cele 2 rezistențe asociate cu acesta au valori egale  $\Rightarrow I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = \frac{I_{C5}}{2} = \frac{8,94}{2}$

$$\Rightarrow I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = 4,47 \text{ mA}$$

Calculăm curenții prin tranzistorul de putere,  $Q_{5R2}$ :

$$\text{Notă: } R_C^{\text{mă}} = R_{C1} + R_{C6} + (R_{C4} || R_{C5}) = 1 + 0,47 + \frac{0,47}{2} = 1,705 \Omega = 0,001705 \text{ K}\Omega$$

$$I_{RC} = I_{\text{reacție}} + I_{\text{LOAD}} = 463,4 \mu\text{A} + 19,916 \text{ mA} = 20,37 \text{ mA}$$



Deoarece curentul prin baza tranzistorului Q20 este foarte mic  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow I_{CESR_2} = I_{RC} \Rightarrow I_{CESR_2} = 20,37 \text{ mA}$$

$$V_{BE20} = I_{RC} \cdot R_C = 20,37 \cdot 0,001705 = 0,03 \text{ V} < 0,6 \Rightarrow Q_{20} - \text{în blocare}$$

$$\Rightarrow I_{C20} = 0$$

Calculați tensiunea  $V_{CE12}$ :

$$V_{IN} = V_{CE12} + I_{C12}(R_{42} + R_2 + R_{39}) \Rightarrow V_{CE12} = V_{IN} - I_{C12}(R_{42} + R_2 + R_{39})$$

$$= 30,6 - 5,61(0,22 + 0,1 + 0,033) = 30,6 - 1,98033 = 28,61 \text{ V}$$

$$V_{CE12} = 28,61 \text{ V}$$

Calculați tensiunea  $V_{CE5}$ :

$$V_{Z5} = V_{BE2} + V_{CE5} + I_{C5}R_8 \Rightarrow V_{CE5} = V_{Z5} - V_{BE2} - I_{C5}R_8 =$$

$$= 5,1 - 0,6 - 8,94 \cdot 0,22 = 5,1 - 2,56 = 2,53 \text{ V}$$

$$V_{CE5} = 2,53 \text{ V}$$

Calculați tensiunea  $V_{CE2}$ :

$$V_{IN} = I_{C1}R_{10} + V_{CE1} + V_{CE2} + V_{CE5} + I_{C5}R_8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CE2} = V_{IN} - I_{C1}R_{10} - V_{CE1} - V_{CE5} - I_{C5}R_8 =$$

$$= 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 0,6 - 2,53 - 8,94 \cdot 0,22 =$$

$$= 30,6 - 0,447 - 0,6 - 2,53 - 1,9668 = 25,05 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE2} = 25,05 \text{ V}$$

Calculați tensiunea  $V_{EC4}$ :

$$V_{IN} = I_{C4}R_{11} + V_{BEESR_1} + V_{BEESR_2} + V_{EC4} + V_{BE20} + I_{reactie} \cdot R_{reactie}$$

$$\Rightarrow V_{EC4} = V_{IN} - I_{C4}R_{11} - V_{BEESR_1} - V_{BEESR_2} - V_{BE20} - I_{reactie} \cdot R_{reactie}$$

$$= 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 3 \cdot 0,6 - 0,463 \cdot 36,1 = 30,6 - 0,447 - 1,8 - 16,71$$

$$\Rightarrow V_{EC4} = 11,64 \text{ V}$$

Calculați tensiunea  $V_{CE3}$ :

$$V_{IN} = I_{C4}R_{11} + V_{EC4} + V_{CE3} + V_{CE5} + I_{C5}R_8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CE3} = V_{IN} - I_{C4}R_{11} - V_{EC4} - V_{CE5} - I_{C5}R_8 =$$

$$= 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 11,64 - 2,53 - 8,94 \cdot 0,22 =$$

$$= 30,6 - 0,447 - 11,64 - 2,53 - 1,9668 \Rightarrow V_{CE3} = 14,01 \text{ V}$$

Calculați tensiunea  $V_{CE21}$ :

$$V_{IN} = I_{C4} \cdot R_{11} + V_{EC4} + V_{CE21} \Rightarrow V_{CE21} = V_{IN} - I_{C4} \cdot R_{11} - V_{EC4} =$$

$$= 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 11,64 = 18,51 \text{ V} \Rightarrow V_{CE21} = 18,51 \text{ V}$$

Calculați curenții prin tranzistorul  $Q_{E5R}$ :

$$I_{CE5R1} = I_{BE5R2} = \frac{I_{CE5R2}}{\beta} = \frac{20,37}{125} = 162,9 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow I_{CE5R1} = 162,9 \mu\text{A}$$

Calculați  $V_{CE5R2}$ :

$$V_{CE5R2} = V_0 - I_{RC} \cdot R_C = 16,73 - 20,37 \cdot 0,001705 = 16,73 - 0,03 = 16,7 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE5R2} = 16,7 \text{ V}$$

Calculați  $V_{CE5R1}$ :

$$V_{CE5R1} = V_{CE5R2} - V_{BE5R2} = 16,7 - 0,6 = 16,1 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE5R1} = 16,1 \text{ V}$$

## Centralizare PSF:

$$\bullet Q_{22}: \begin{cases} I_{C22} = 8,94 \text{ mA} \\ V_{EB22} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC22} = 0,6 = V_{EB22} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{23}: \begin{cases} I_{C23} = 8,94 \text{ mA} \\ V_{EB23} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC23} = 0,6 \text{ V} = V_{EB23} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{24}: \begin{cases} I_{C24} = 8,94 \text{ mA} \\ V_{BE24} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE24} = 0,6 \text{ V} = V_{BE24} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{19}: \begin{cases} I_{C19} = 6 \text{ mA} \\ V_{EB19} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC19} = 24,9 \text{ V} > V_{EB19} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_1: \begin{cases} I_{C1} = 4,47 \text{ mA} \\ V_{EB1} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC1} = 0,6 = V_{EB1} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_2: \begin{cases} I_{C2} = 4,47 \text{ mA} \\ V_{BE2} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE2} = 25,05 \text{ V} > V_{BE2} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_5: \begin{cases} I_{C5} = 8,94 \text{ mA} \\ V_{BE5} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE5} = 2,53 \text{ V} > V_{BE5} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_4: \begin{cases} I_{C4} = 4,47 \text{ mA} \\ V_{EB4} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC4} = 11,64 \text{ V} > V_{EB4} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_3: \begin{cases} I_{C3} = 4,47 \text{ mA} \\ V_{BE3} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE3} = 14,01 \text{ V} > V_{BE3} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_{12}: \begin{cases} I_{C12} = 5,61 \text{ mA} \\ V_{BE12} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE12} = 28,61 \text{ V} > V_{BE12} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_{ESR2} : \begin{cases} I_{CESR2} = 20,37 \text{ mA} \\ V_{BEESR2} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CEESR2} = 16,7 \text{ V} > V_{BEESR2} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_{ESR1} : \begin{cases} I_{CESR1} = 162,9 \mu\text{A} \\ V_{BEESR1} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CEESR1} = 16,1 \text{ V} > V_{BEESR1} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_{20} : \begin{cases} I_{C20} = 0 \text{ mA} \\ V_{BE20} = 0,03 \text{ V} < 0,6 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{BLOCARE}}$$

$$\bullet Q_{21} : \begin{cases} I_{C21} = 5,7 \mu\text{A} \\ V_{BE21} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE21} = 18,51 > V_{BE21} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet D_{25} : \begin{cases} I_{25} = 6 \text{ mA} > I_{2, \text{min}} = 5 \text{ mA} \\ V_{25} = 5,1 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{STABILIZARE}}$$

### Verificarea puterilor - componente active

	U [V]	I [mA]	P (calculată) [mW]	P <sub>adm. max</sub> [mW]	(date sheet)
D5 (BZX14-C5V1)	5,1	6	30,6	300	
SMD2012B-D8	3,2	9,13	29,216	114	
Q <sub>22</sub>	0,6	8,94	5,36	310	
Q <sub>23</sub>	0,6	8,94	5,36	310	
Q <sub>24</sub>	0,6	8,94	5,36	310	
Q <sub>19</sub>	24,9	6	149,4	310	
Q <sub>1</sub>	0,6	4,47	2,68	310	
Q <sub>2</sub>	25,05	4,47	111,97	310	
Q <sub>5</sub>	2,53	8,94	22,61	310	
Q <sub>4</sub>	11,64	4,47	52,03	310	
Q <sub>3</sub>	14,01	4,47	62,62	310	
Q <sub>12</sub>	28,61	5,61	160,5	310	
Q <sub>ESR2</sub>	16,7	20,37	340,179	45 W	
Q <sub>ESR1</sub>	16,1	0,1629	2,62	310	
Q <sub>21</sub>	18,51	0,0057	0,1	310	



CAZ II

$$\begin{cases} V_{IN} = 34V \\ P_1 = 1 \end{cases}$$

Valori care nu se modifică la schimbarea tensiunii de intrare (față de CAZ I):

- $V_0 = 16,73V$
- $I_{C19} = 6mA$
- $I_{neadje} = 463,4\mu A$
- $I_{LOAD} = 19,916mA \rightarrow I_{L4} = I_{L2} = I_{L3} = 9,95mA$
- $I_{RC} = 20,37mA$
- $I_{CESR2} = 20,37mA$
- $I_{C20} = 0mA$
- $V_{CE5} = 2,53V$
- $I_{CESR1} = 162,3\mu A$
- $V_{CEER2} = 16,7V$
- $V_{CEER4} = 16,1V$

$$V_{IN} = V_{D8} + I_{D8}(R_{17} + R_{18} + R_{19}) \Rightarrow I_{D8} = \frac{V_{IN} - V_{D8}}{R_{17} + R_{18} + R_{19}} = \frac{34 - 3,2}{1 + 1 + 1} = 10,26mA$$

$$\Rightarrow I_{D8} = 10,26mA$$

$$V_{IN} = I_{C19} \cdot R_2 + V_{EC19} + V_{Z5} \Rightarrow V_{EC19} = V_{IN} - I_{C19} \cdot R_2 - V_{Z5} = 34 - 0,6 - 5,1 = 28,3V$$

$$V_{EC19} = 28,3V$$

$$V_{IN} = V_{EC22} + V_{EC23} + I_{C24}(R_{27} + R_{28} + R_{29}) + I_{C24} \cdot R_{30} + V_{CE24}$$

$$\Rightarrow I_{C24} = \frac{V_{IN} - 3 \cdot V_{CE24}}{R_{27} + R_{28} + R_{29} + R_{30}} = \frac{34 - 1,8}{1 + 1 + 1 + 0,22} = \frac{32,2}{3,22} = 10mA$$

$$\Rightarrow I_{C24} = 10mA$$

$$I_{C23} = I_{C22} = I_{C24} \Rightarrow I_{C23} = I_{C22} = 10mA$$

$$I_{C24} = I_{C25} \Rightarrow I_{C5} = 10mA$$

$$V_{BE5} + I_{C5}R_8 = V_{BE12} + I_{C12}(R_{42} + R_7 + R_{39})$$

$$\Rightarrow I_{C12} = \frac{I_{C5} \cdot R_8}{R_{42} + R_7 + R_{39}} = \frac{10 \cdot 0,22}{0,22 + 0,1 + 0,03} = \frac{2,2}{0,35} = 6,28mA$$

$$\Rightarrow I_{C12} = 6,28mA$$

$$I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = \frac{I_{C5}}{2} = \frac{10}{2} = 5mA \Rightarrow I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = 5mA$$

$$\bullet V_{IN} = V_{CE12} + I_{C12} (R_{42} + P_2 + R_{39}) \Rightarrow V_{CE12} = V_{IN} - I_{C12} (R_{42} + P_2 + R_{39})$$

$$= 34 - 6,28 (0,22 + 0,1 + 0,033) = 34 - 2,21 = 31,79 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE12} = 31,79 \text{ V}$$

$$\bullet V_{IN} = I_{C1} R_{10} + V_{CE1} + V_{CE2} + V_{CE5} + I_{C5} R_8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CE2} = V_{IN} - I_{C1} R_{10} - V_{CE1} - V_{CE5} - I_{C5} R_8$$

$$= 34 - 5 \cdot 0,1 - 0,6 - 2,53 - 10 \cdot 0,22 = 28,17 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE2} = 28,17 \text{ V}$$

$$\bullet V_{IN} = I_{C4} R_{41} + V_{BE5R1} + V_{BE5R2} + V_{EC4} + V_{BE20} + I_{reactie} \cdot R_{reactie}$$

$$\Rightarrow V_{EC4} = V_{IN} - I_{C4} R_{41} - V_{BE5R1} - V_{BE5R2} - I_{reactie} \cdot R_{reactie} =$$

$$= 34 - 5 \cdot 0,1 - 0,6 - 0,6 - 0,463 \cdot 36,1 = 34 - 0,5 - 1,2 - 16,7143 = 15,58 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{EC4} = 15,58 \text{ V}$$

$$\bullet V_{IN} = I_{C4} R_{41} + V_{EC4} + V_{CE3} + V_{CE5} + I_{C5} R_8$$

$$\Rightarrow V_{CE3} = V_{IN} - I_{C4} R_{41} - V_{EC4} - V_{CE5} - I_{C5} R_8$$

$$= 34 - 5 \cdot 0,1 - 15,58 - 2,53 - 10 \cdot 0,22 = 13,19 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE3} = 13,19 \text{ V}$$

$$\bullet V_{IN} = I_{C4} R_{41} + V_{EC4} + V_{CE21} \Rightarrow V_{CE21} = V_{IN} - I_{C4} R_{41} - V_{EC4} =$$

$$= 34 - 5 \cdot 0,1 - 15,58 = 17,92 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{CE21} = 17,92 \text{ V}$$

### Centralizare PSF:

$$\bullet Q_{22}: \begin{cases} I_{C22} = 10 \text{ mA} \\ V_{BE22} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC22} = 0,6 \text{ V} = V_{BE22} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{23}: \begin{cases} I_{C23} = 10 \text{ mA} \\ V_{BE23} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC23} = 0,6 \text{ V} = V_{BE23} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{24}: \begin{cases} I_{C24} = 10 \text{ mA} \\ V_{BE24} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE24} = 0,6 \text{ V} = V_{BE24} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_{13}: \begin{cases} I_{C13} = 6 \text{ mA} \\ V_{BE13} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC13} = 28,3 \text{ V} > V_{BE13} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$\bullet Q_1: \begin{cases} I_{C1} = 5 \text{ mA} \\ V_{BE1} = 0,6 \text{ V} \\ V_{EC1} = 0,6 \text{ V} = V_{BE1} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{limita RAN}}$$

$$\bullet Q_2: \begin{cases} I_{C2} = 5 \text{ mA} \\ V_{BE2} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE2} = 28,17 \text{ V} > V_{BE2} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$



$$Q5: \begin{cases} I_{C5} = 10 \text{ mA} \\ V_{BE5} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE5} = 2,53 \text{ V} > V_{BE5} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$Q4: \begin{cases} I_{C4} = 5 \text{ mA} \\ V_{BE4} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE4} = 15,58 \text{ V} > V_{BE4} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$Q3: \begin{cases} I_{C3} = 5 \text{ mA} \\ V_{BE3} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE3} = 13,19 \text{ V} > V_{BE3} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$Q12: \begin{cases} I_{C12} = 6,28 \text{ mA} \\ V_{BE12} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE12} = 31,73 \text{ V} > V_{BE12} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$QESR2: \begin{cases} I_{CESR2} = 20,37 \text{ mA} \\ V_{BEESR2} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CEESR2} = 16,7 \text{ V} > V_{BEESR2} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$QESR1: \begin{cases} I_{CESR1} = 162,9 \mu\text{A} \\ V_{BEESR1} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CEESR1} = 16,1 \text{ V} > V_{BEESR1} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$Q20: \begin{cases} I_{C20} = 0 \text{ mA} \\ V_{BE20} = 0,03 < 0,6 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{BLOCARE}}$$

$$Q21: \begin{cases} I_{C21} = 46 \mu\text{A} \\ V_{BE21} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE21} = 17,92 \text{ V} > V_{BE21} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{RAN}}$$

$$D25: \begin{cases} I_{Z5} = 6 \text{ mA} > I_{Z\text{min}} = 5 \text{ mA} \\ V_{Z5} = 5,1 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \underline{\text{STABILIZARE}}$$

## Verificarea puterilor - componente active

	$U$ [V]	$I$ [mA]	Calculată [mW]	Padmică [mW]
D5 (22x84-C5V1)	5,1	6	30,6	300
D8 (SMD2012B)	3,2	10,26	32,83	144
Q22	0,6	10	6	310
Q23	0,6	10	6	310
Q24	0,6	10	6	310
Q13	28,3	6	169,8	310
Q1	0,6	5	3	310
Q2	28,17	5	140,85	310
Q5	2,53	10	25,3	310
Q4	15,58	5	77,9	310
Q3	13,19	5	65,95	310
Q12	31,73	6,28	199,64	310
QESR2	16,7	20,37	340,173	15 W
QESR1	16,1	0,1629	2,62	310
Q21	17,92	46 $\mu\text{A}$	0,82	310

CAZ III  $\begin{cases} V_{IN} = 30,6 \text{ V} \\ P_1 = 0 \end{cases}$

Valori care nu se modifică la schimbarea setului potențiometrului  $P_1$  (față de CAZ I):

- $I_{D8} = 9,13 \text{ mA}$
- $I_{C19} = 6 \text{ mA}$
- $V_{EC19} = 24,9 \text{ V}$
- $I_{C24} = 8,94 \text{ mA}$
- $I_{C23} = I_{C22} = 8,94 \text{ mA}$
- $I_{C5} = 8,94 \text{ mA}$
- $I_{C12} = 5,61 \text{ mA}$
- $I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = 4,47 \text{ mA}$
- $I_{C20} = 0 \text{ mA}$
- $V_{CE12} = 28,61 \text{ V}$
- $V_{CE5} = 2,53 \text{ V}$
- $V_{CE2} = 25,05 \text{ V}$

$$\begin{aligned} V_{P1} &= V_0 \cdot \frac{R_{41} + R_{38} + P_1}{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}} \quad \Rightarrow \quad V_{Z5} = V_0 \cdot \frac{R_{41} + R_{38} + P_1}{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}} \\ V_{P1} &= V_{Z5} + V_{Z2} + V_{Z5} \quad \Rightarrow \quad V_0 = V_{Z2} \cdot \frac{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38} + P_1} \\ &= 5,1 \cdot \frac{15 + 0,1 + 10 + 10 + 1}{10 + 1 + 10} = 8,76 \text{ V} \end{aligned}$$

$\Rightarrow V_0 = 8,76 \text{ V}$

$$I_{reactie} = \frac{V_0}{R_{reactie}} = \frac{V_0}{R_6 + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}} = \frac{8,76}{36,1} = 242,6 \mu\text{A}$$

$I_{reactie} = 242,6 \mu\text{A}$

$$I_{LOAD} = \frac{V_0}{R_{LOAD}} = \frac{8,76}{0,84} = 10,42 \text{ mA} \Rightarrow I_{L4} = I_{L2} = I_{L1} = I_{L3} = 5,21 \text{ mA}$$

$$I_{RC} = I_{reactie} + I_{LOAD} = 242,6 \mu\text{A} + 10,42 = 10,66 \text{ mA} \Rightarrow$$

$\Rightarrow I_{CESR2} = 10,66 \text{ mA}$

$$\begin{aligned} V_{EC4} &= V_{IN} - I_{C4}R_{41} - V_{BE5R1} - V_{BE5R2} - V_{BE20} - I_{reactie} \cdot R_{reactie} \\ &= 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 3 \cdot 0,6 - 0,2426 \cdot 36,5 = 30,6 - 0,447 - 1,8 - 8,85 = 19,5 \text{ V} \end{aligned}$$

$\Rightarrow V_{EC4} = 19,5 \text{ V}$

$$\begin{aligned} V_{CE3} &= V_{IN} - I_{C4}R_{41} - V_{EC4} - V_{CE5} - I_{C5}R_8 = 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 19,5 - 8,94 \cdot 0,22 \\ &= 30,6 - 0,447 - 19,5 - 1,96 = 8,65 \text{ V} \Rightarrow V_{CE3} = 8,65 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_{CE21} = V_{IN} - I_{C4}R_{41} - V_{EC4} = 30,6 - 4,47 \cdot 0,1 - 19,5 = 10,65 \text{ V}$$

$\Rightarrow V_{CE21} = 10,65 \text{ V}$



$$\bullet I_{CESR1} = I_{CESR2} = \frac{I_{CESR2}}{\beta} = \frac{10,66}{125} = 85,28 \mu A$$

$$I_{CESR1} = 85,28 \mu A$$

$$\bullet V_{CESR2} = V_0 - I_{RC} \cdot R_C = 8,76 - 10,66 \cdot 0,001705 = 8,76 - 0,018 = 8,74 V$$

$$V_{CESR2} = 8,74 V$$

$$\bullet V_{CESR1} = V_{CESR2} - V_{BE\ ES R2} = 8,74 - 0,6 = 8,14 V$$

$$\Rightarrow V_{CESR1} = 8,14 V$$

Dispozitivele rămân în aceleași regimuri de funcționare ca în cazurile anterioare.

## Verificarea puterilor - componente active

	u [V]	I [mA]	Pcalculată [mW]	Permisa [mW]
D5 (82x84-QV1)	5,1	6	30,6	300
D8 (SMB2012B)	3,2	9,13	29,216	114
Q22	0,6	8,94	5,36	310
Q23	0,6	8,94	5,36	310
Q24	0,6	8,94	5,36	310
Q13	24,9	6	149,4	310
Q1	0,6	4,47	2,68	310
Q2	25,05	4,47	111,97	310
Q5	2,53	8,94	22,61	310
Q4	19,5	4,47	87,16	310
Q3	8,69	4,47	38,84	310
Q12	28,61	5,61	160,5	310
QESR2	8,74	10,66	93,168	15W
QESR1	8,14	85,28	2,5	310
Q21	10,65	5,28	0,055	310

**CAZ IV**  $\begin{cases} V_{IN} = 34 \text{ V} \\ P_L = 0 \end{cases}$

- $V_0 = 8,76 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul III)
- $I_{B3} = 10,26 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{C13} = 6 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazurile I, II și III)
- $V_{EC13} = 28,3 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{C14} = 10 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{C12} = I_{C13} = I_{C5} = 10 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{C12} = 6,28 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{neodîr} = 242,6 \mu\text{A}$  (nu se modifică față de cazul IV)
- $I_{L4} = I_{L2} = I_{L1} = I_{L3} = 5,21 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul III)
- $I_{C1} = I_{C4} = I_{C2} = I_{C3} = 5 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $I_{CESR2} = 10,66 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazul III)
- $I_{C20} = 0 \text{ mA}$  (nu se modifică față de cazurile I, II, III)
- $V_{CE12} = 31,73 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $V_{CE5} = 2,53 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $V_{CE2} = 28,17 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul II)
- $V_{EC4} = V_{IN} - I_{C4}R_{11} - V_{BEESR1} - V_{BEESR2} - V_{BE20} - I_{neodîr} \cdot R_{neodîr}$   
 $= 34 - 5 \cdot 0,1 - 0,6 - 0,6 - 0,6 - 0,2426 \cdot 36,1 = 34 - 0,5 - 1,8 - 8,75$

$\Rightarrow V_{EC4} = 22,95 \text{ V}$

- $V_{CE3} = V_{IN} - I_{C4}R_{11} - V_{EC4} - V_{CE5} - I_{C5} \cdot R_8 =$   
 $= 34 - 5 \cdot 0,1 - 22,95 - 2,35 - 10 \cdot 0,22 = 34 - 0,5 - 22,95 - 2,35 - 2,2 = 6 \text{ V}$

$\Rightarrow V_{CE3} = 6 \text{ V}$

- $V_{CE21} = V_{IN} - I_{C4}R_{11} - V_{EC4} = 34 - 0,5 - 22,95 = 10,55 \text{ V}$

$\Rightarrow V_{CE21} = 10,55 \text{ V}$

- $I_{CESR1} = 15,28 \mu\text{A}$  (nu se modifică față de cazul III)
- $V_{CEESR2} = 8,74 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul III)
- $V_{CEESR1} = 8,14 \text{ V}$  (nu se modifică față de cazul III)

Dispozitivele se vor afla în aceleași regimuri de funcționare ca în cazurile anterioare.



## Verificarea puterilor - componente active

	U [V]	I [mA]	P <sub>calculată</sub> [mW]	P <sub>admisa</sub> [mW]
D5(BZX84-CSV1)	5,1	6	30,6	300
D8(SMD2012B)	3,2	10,26	32,83	114
Q22	0,6	10	6	310
Q23	0,6	10	6	310
Q24	0,6	10	6	310
Q19	28,3	6	169,8	310
Q1	0,6	5	3	310
Q2	28,17	5	140,85	310
Q5	2,53	10	25,3	310
Q4	22,95	5	114,75	310
Q3	6	5	30	310
Q12	31,73	6,28	199,64	310
QESL2	8,74	10,66	93,16	15 W
QESL1	8,14	85,28 $\mu$ A	2,85	310
Q21	10,55	45 $\mu$ A	0,45	310

~ Calculul puterilor disipate pentru componentele pasive și verificarea respectării limitelor maxime ~

$$\begin{cases} V_{IH} = 34 \text{ V} \\ SETP_1 = 1 \end{cases}$$

- Pentru R17, R18, R19:  $P = I^2 \cdot R = 10,26^2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} = 105,26 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R27, R28, R29:  $P = I^2 \cdot R = 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^3 = 100 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R30:  $P = I^2 \cdot R = 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,22 \cdot 10^3 = 22 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R2:  $P = I^2 \cdot R = 6^2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 3,6 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R10, R11:  $P = I^2 \cdot R = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2,5 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R8:  $P = I^2 \cdot R = 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 220 = 22 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R42:  $P = I^2 \cdot R = 6,28^2 \cdot 10^{-6} \cdot 220 = 8,67 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru P2:  $P = I^2 \cdot R = 6,28^2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 3,94 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru R33:  $P = I^2 \cdot R = 6,28^2 \cdot 10^{-6} \cdot 33 = 1,3 \text{ mW} < 125 \text{ mW}$
- Pentru RC1:  $P = I^2 \cdot R = 20,97^2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 113 \mu\text{W} < 125 \text{ mW}$



- Pentru  $R_{C4}, R_{C5}$ :  $P = I^2 \cdot R = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,47 = 11,75 \mu W < 125 mW$
- Pentru  $R_{C6}$ :  $P = I^2 \cdot R = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 0,47 = 47 \mu W < 125 mW$
- Pentru  $R_C$ :  $P = I^2 \cdot R = 66,56 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^3 = 0,998 mW < 125 mW$
- Pentru  $R_{12}$ :  $P = I^2 \cdot R = 62500000 \cdot 10^{-12} \cdot 100 = 6,25 \mu W < 125 mW$
- Pentru  $P_1, R_{41}$ :  $P = I^2 \cdot R = 62500 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 = 625 \mu W < 125 mW$
- Pentru  $R_{38}$ :  $P = I^2 \cdot R = 62500 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 = 62,5 \mu W < 125 mW$
- Pentru  $R_{L4}, R_{L1}$ :  $P = I^2 \cdot R = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 = 25 mW < 125 mW$
- Pentru  $R_{L2}, R_{L3}$ :  $P = I^2 \cdot R = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,68 \cdot 10^3 = 17 mW < 125 mW$

## ~ Deriva termică ~

• CAZ I:  $S_T = \frac{\Delta V_0}{\Delta T} = \frac{\Delta}{\Delta T} \left( V_{Z5} \cdot \frac{R_C + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38} + P_1} \right)$

• CAZ II:  $S_T = \frac{\Delta V_0}{\Delta T} = \frac{\Delta}{\Delta T} \left( V_{Z5} \cdot \frac{R_C + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38}} \right)$

Am ales dioda Zener  $D_5$  care, conform foii de catalog, variază cu temperatura cu  $0,1 mV/^\circ C$

$\Rightarrow$  CAZ I:

$$S_T = \frac{R_C + R_{12} + P_1 + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38} + P_1} \cdot \frac{\Delta V_{Z5}}{\Delta T} = \frac{36,1}{21} \cdot 0,1 = 0,17 mV/^\circ C$$

$$S_T = 0,17 mV/^\circ C$$

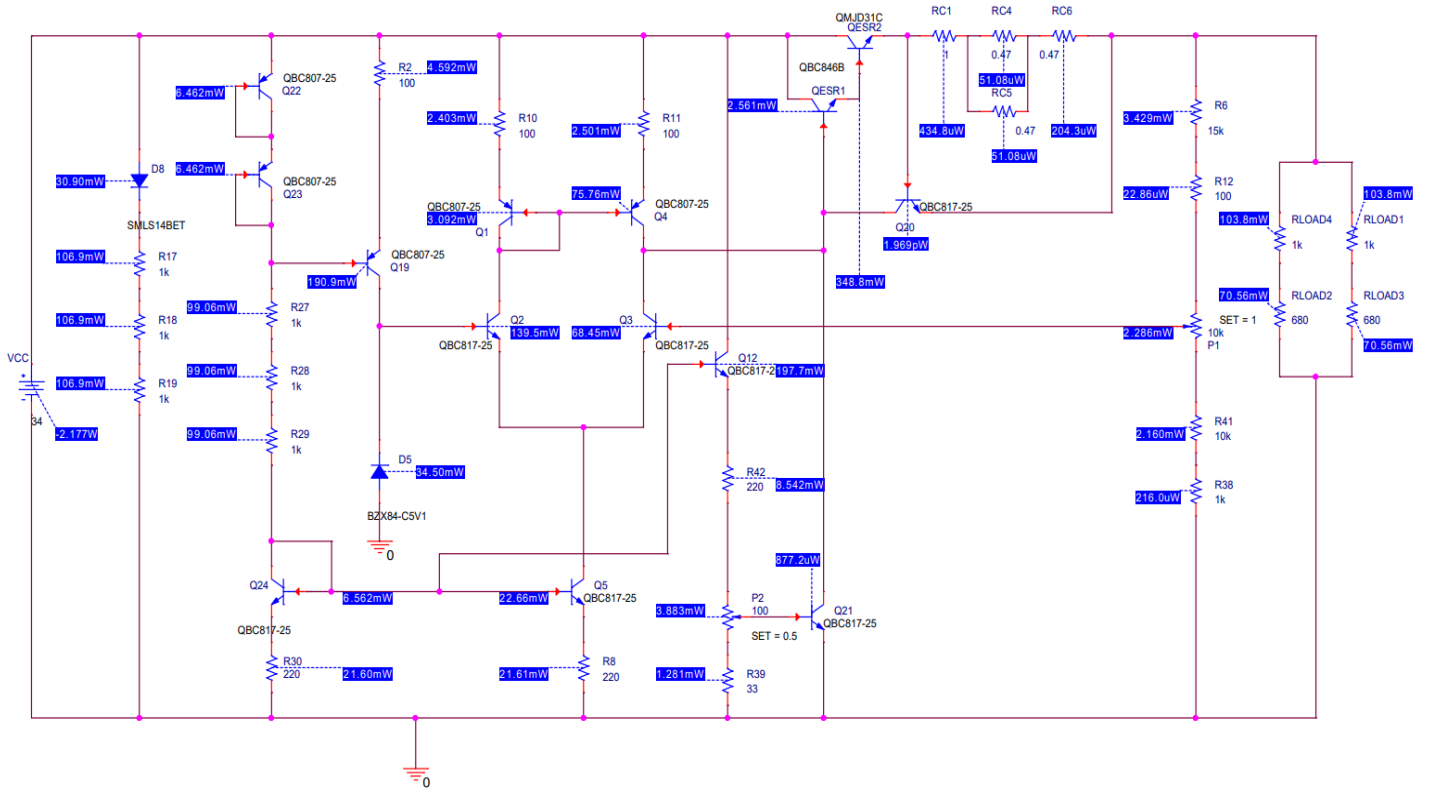
CAZ II:

$$S_T = \frac{R_C + R_{12} + R_{41} + R_{38}}{R_{41} + R_{38}} \cdot \frac{\Delta V_{Z5}}{\Delta T} = \frac{36,1}{11} \cdot 0,1 = 0,32 mV/^\circ C$$

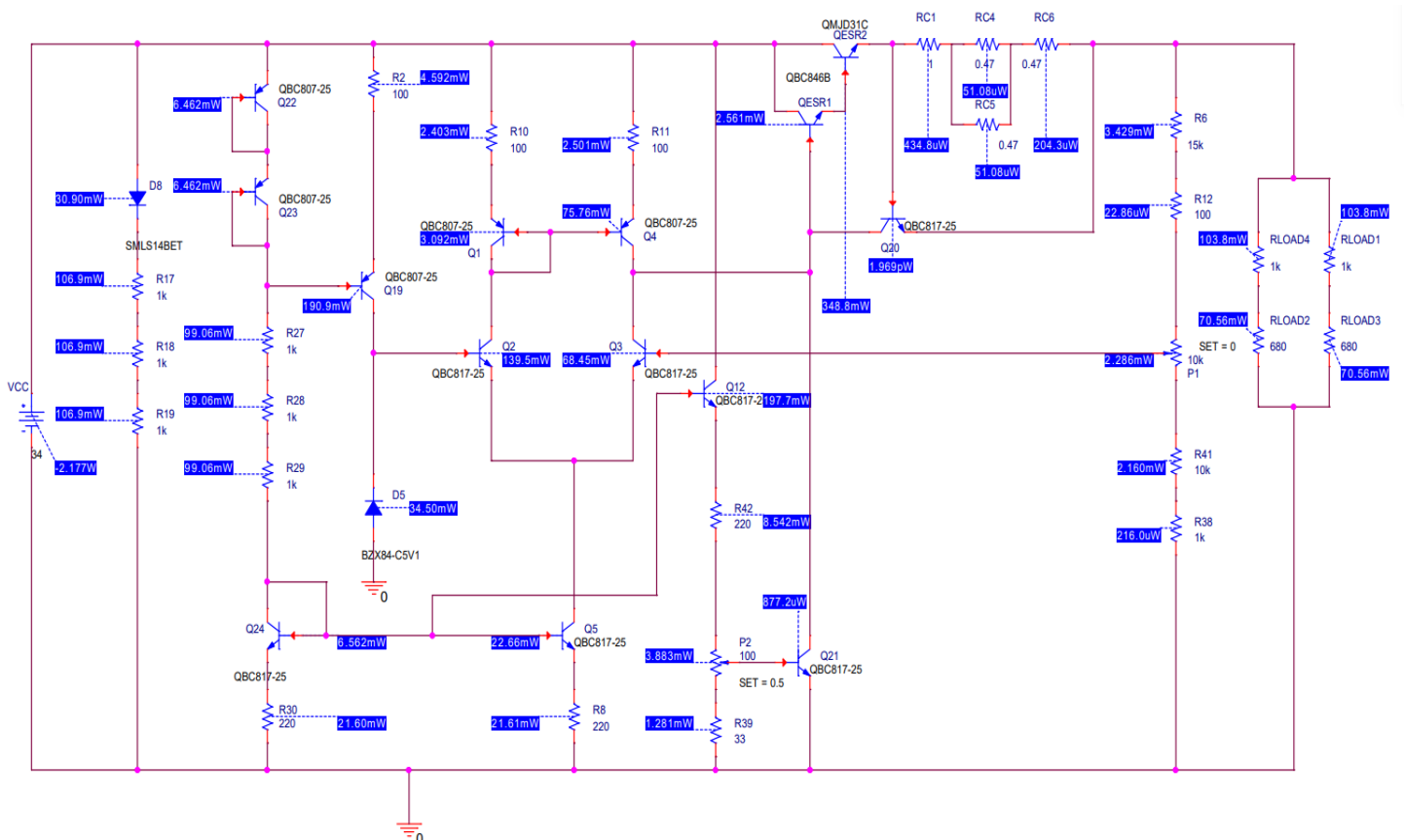
$$S_T = 0,32 mV/^\circ C$$

## b) Punctul static de funcționare-experimental

⇒ Puterea disipată pe componente la tensiunea maximă de ieșire ,  $V_{out}=17V$

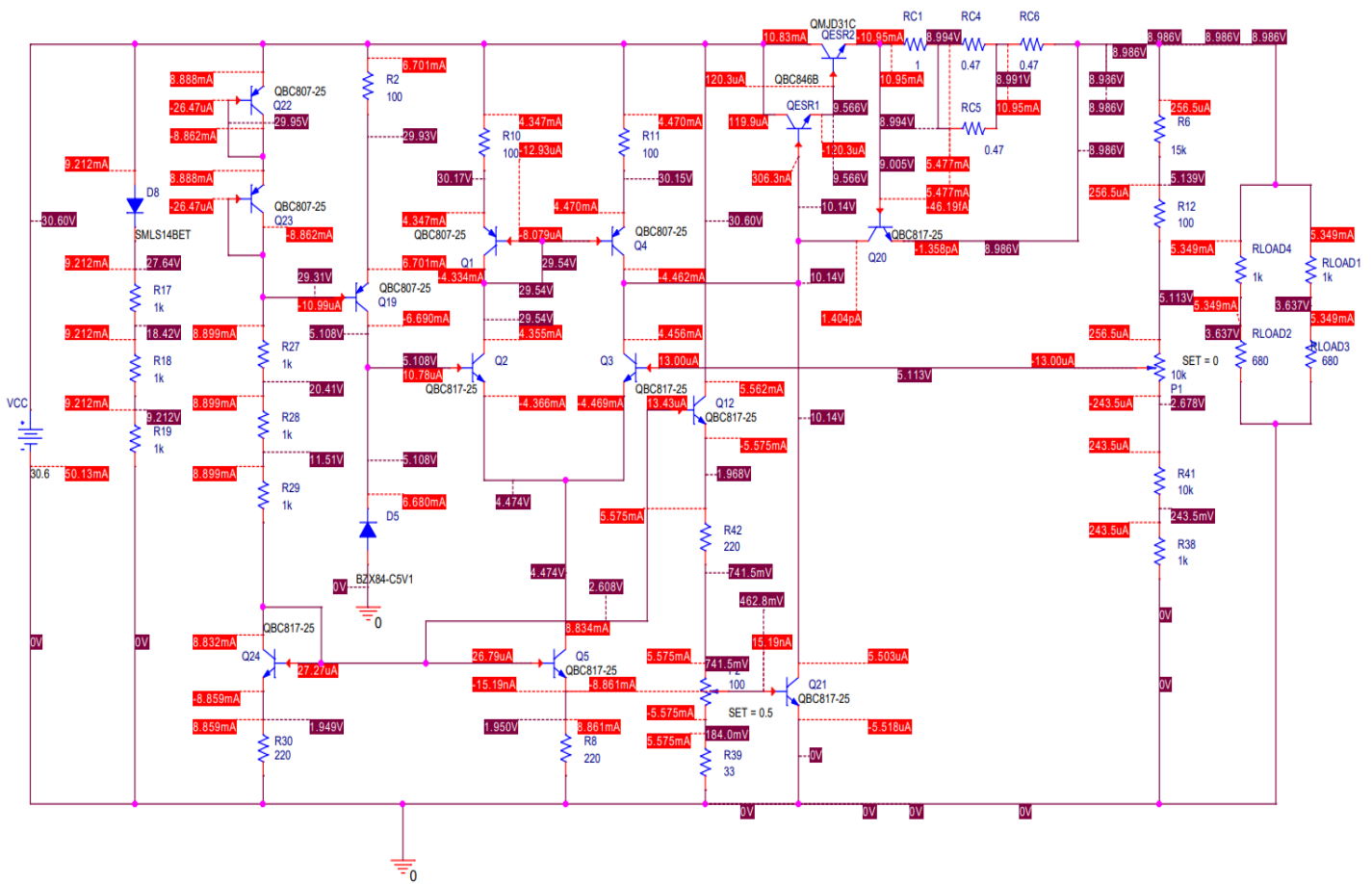


⇒ Puterea disipată pe componente la tensiunea minimă de ieșire ,  $V_{out}=8.5V$

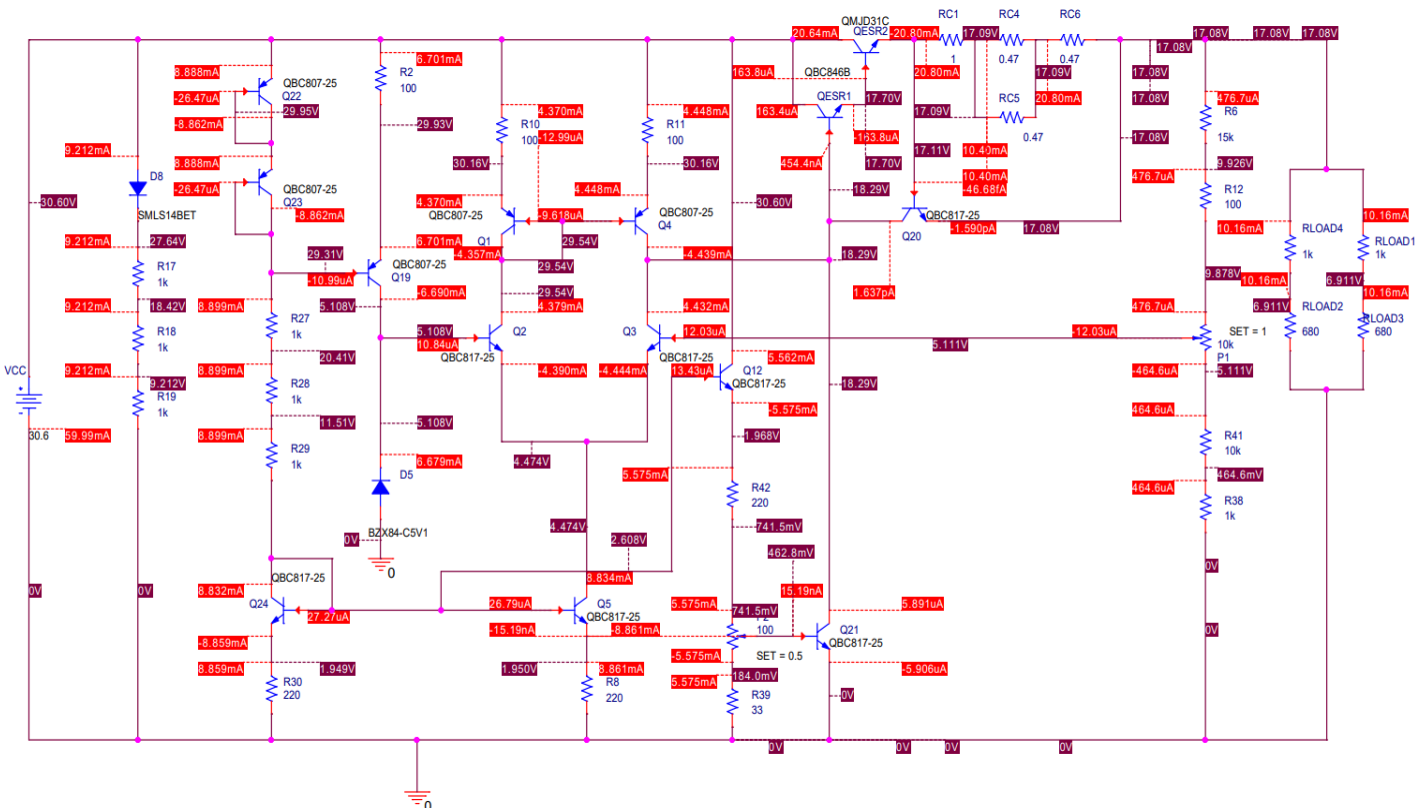


Se poate observa că atât în psf-ul experimental, cât și în cel teoretic pentru toate componentele puterea disipată nu depășește maximumul puterii admisibile.

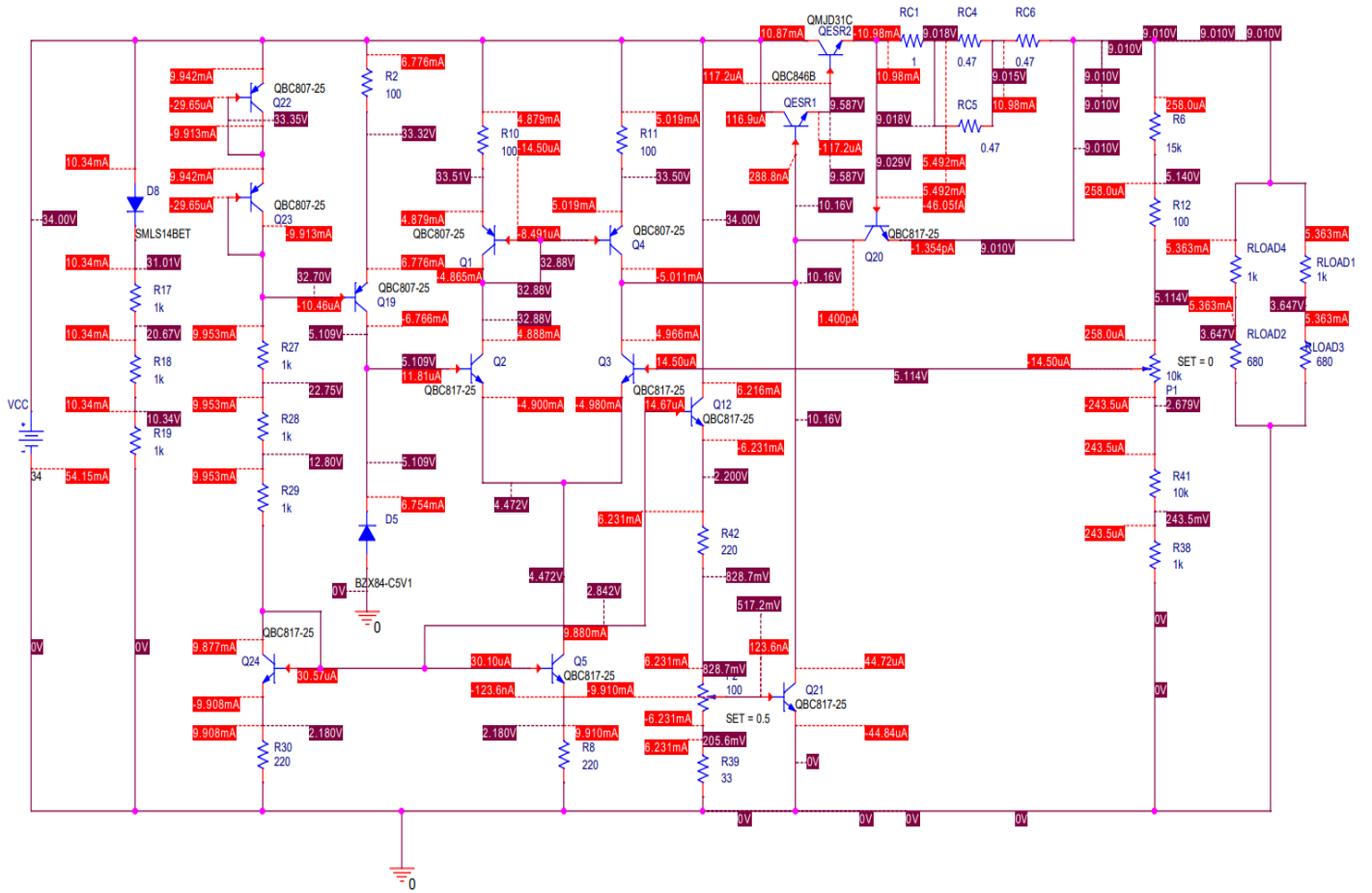
⇒ Pentru  $V_{in} = 30.6\text{ V}$  și  $V_{out} = 8.5\text{ V}$



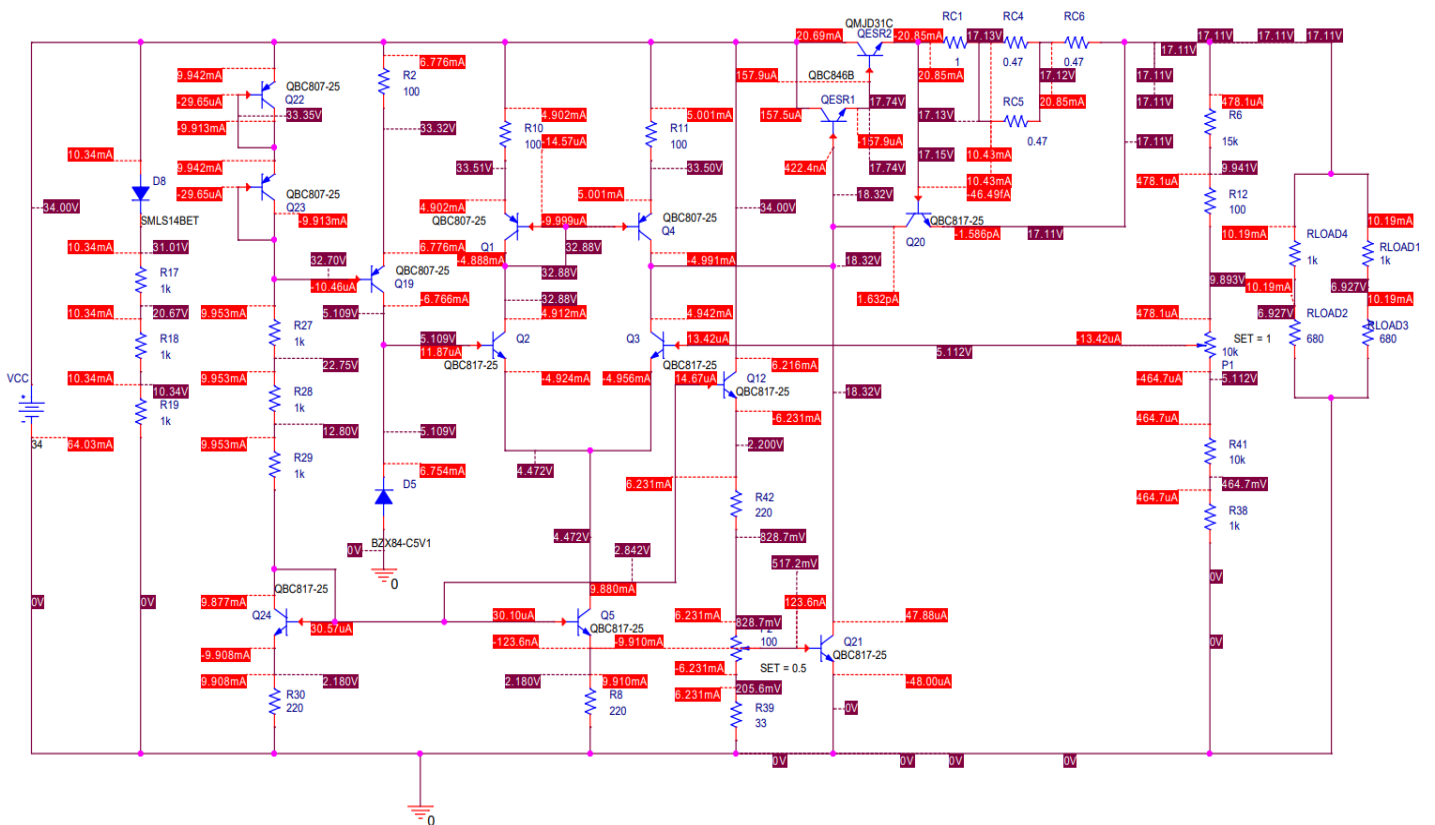
⇒ Pentru  $V_{in} = 30.6\text{ V}$  și  $V_{out} = 17\text{ V}$



⇒ Pentru  $V_{in} = 34\text{ V}$  și  $V_{out} = 8.5\text{ V}$

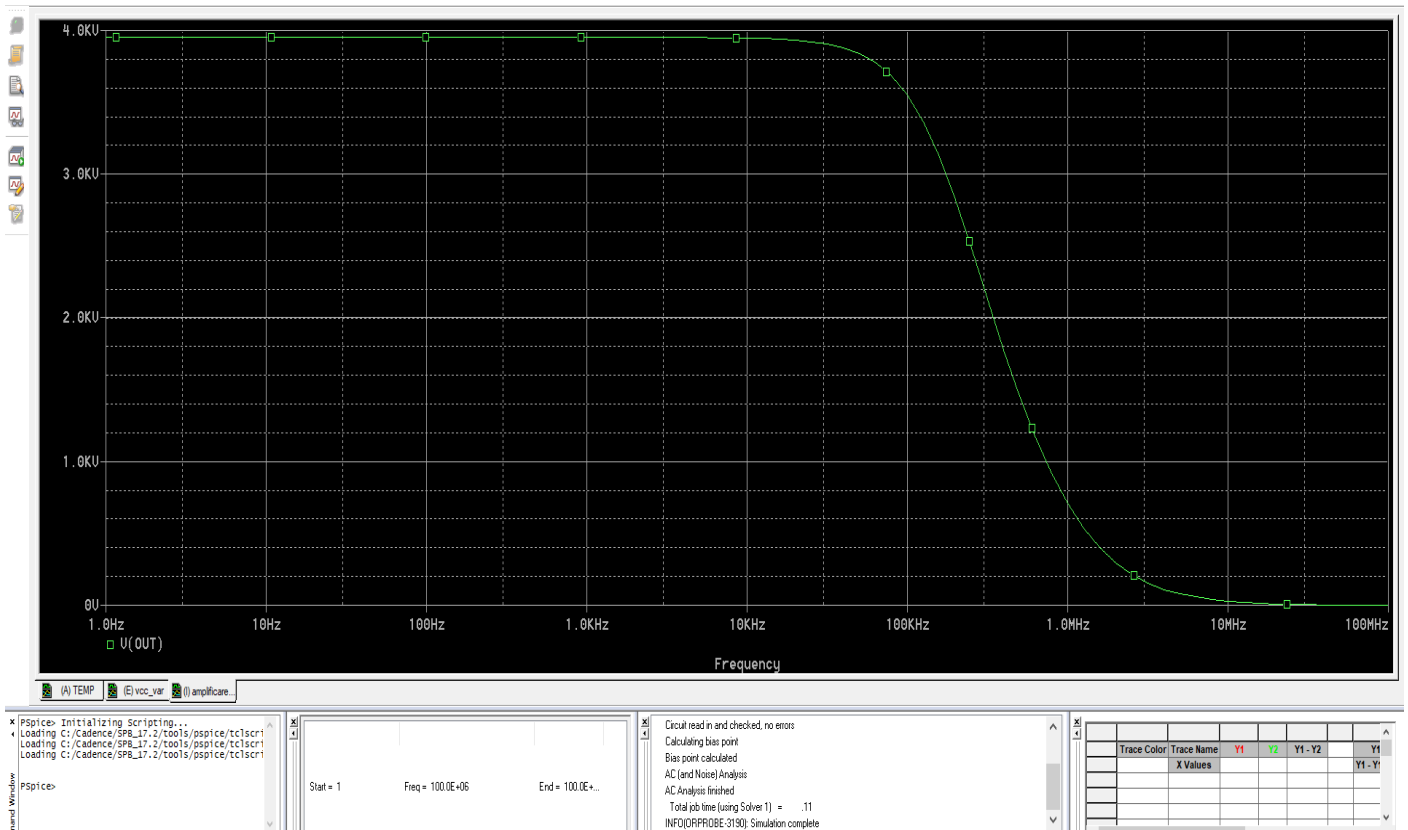


⇒ Pentru  $V_{in} = 34\text{ V}$  și  $V_{out} = 17\text{ V}$

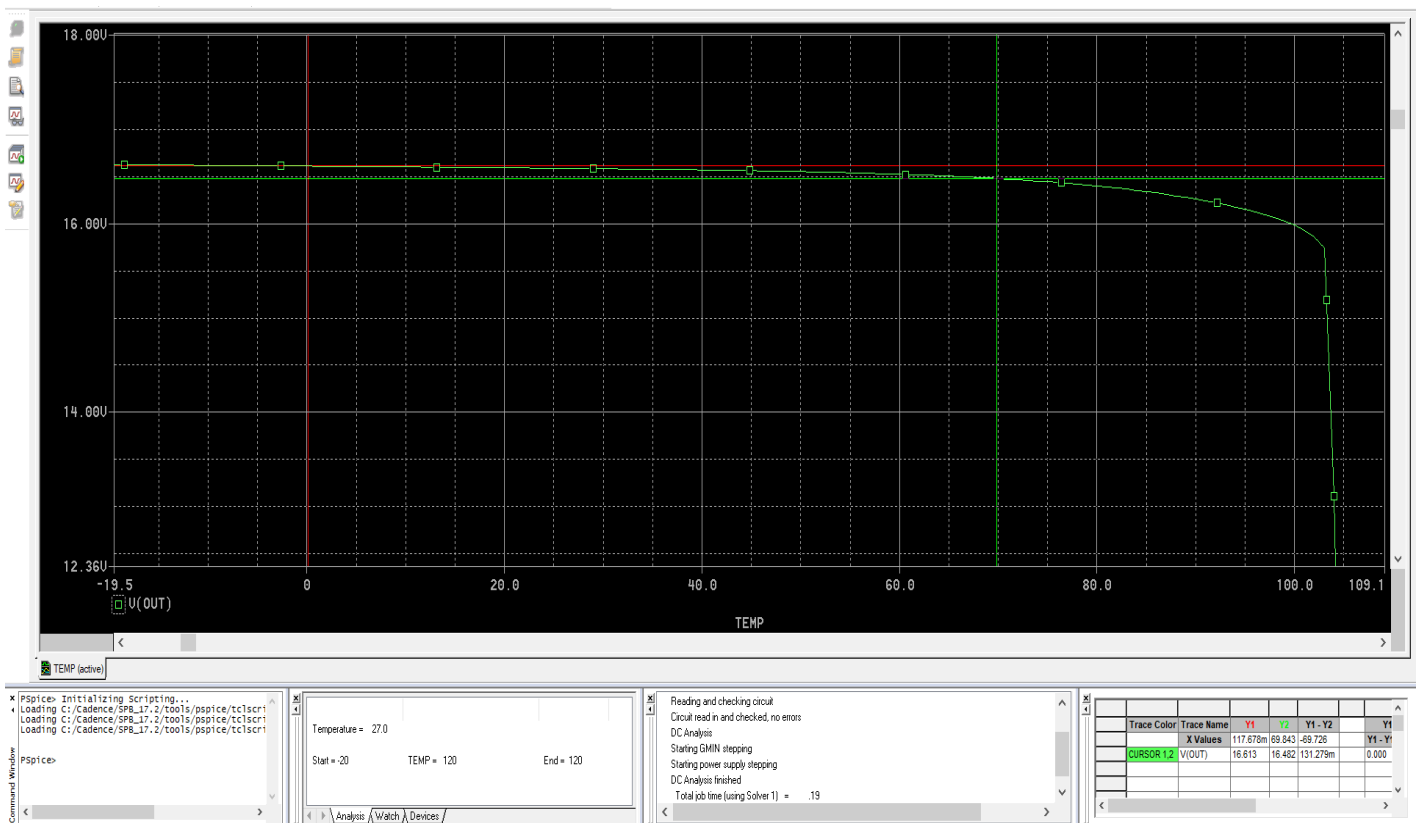


## 5. Simulări

- Amplificarea

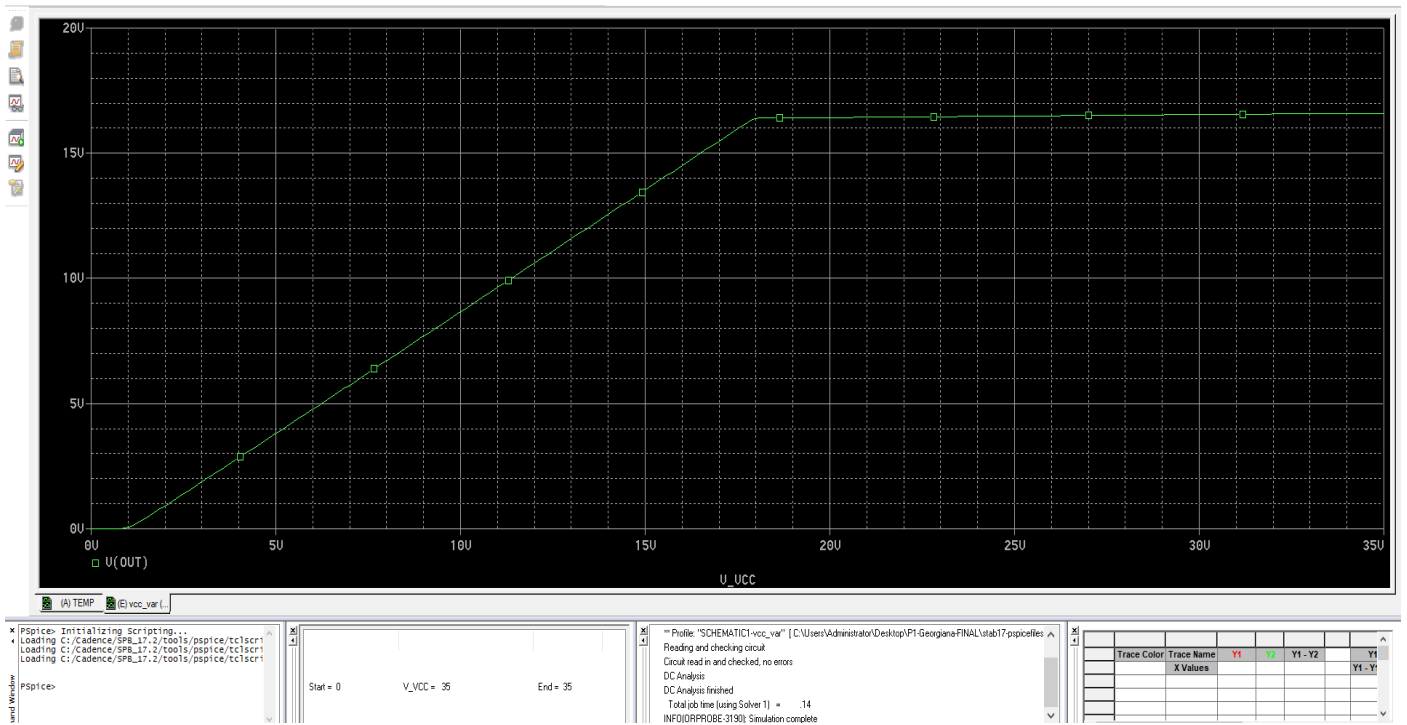


- Coeficientul de variație cu temperatura

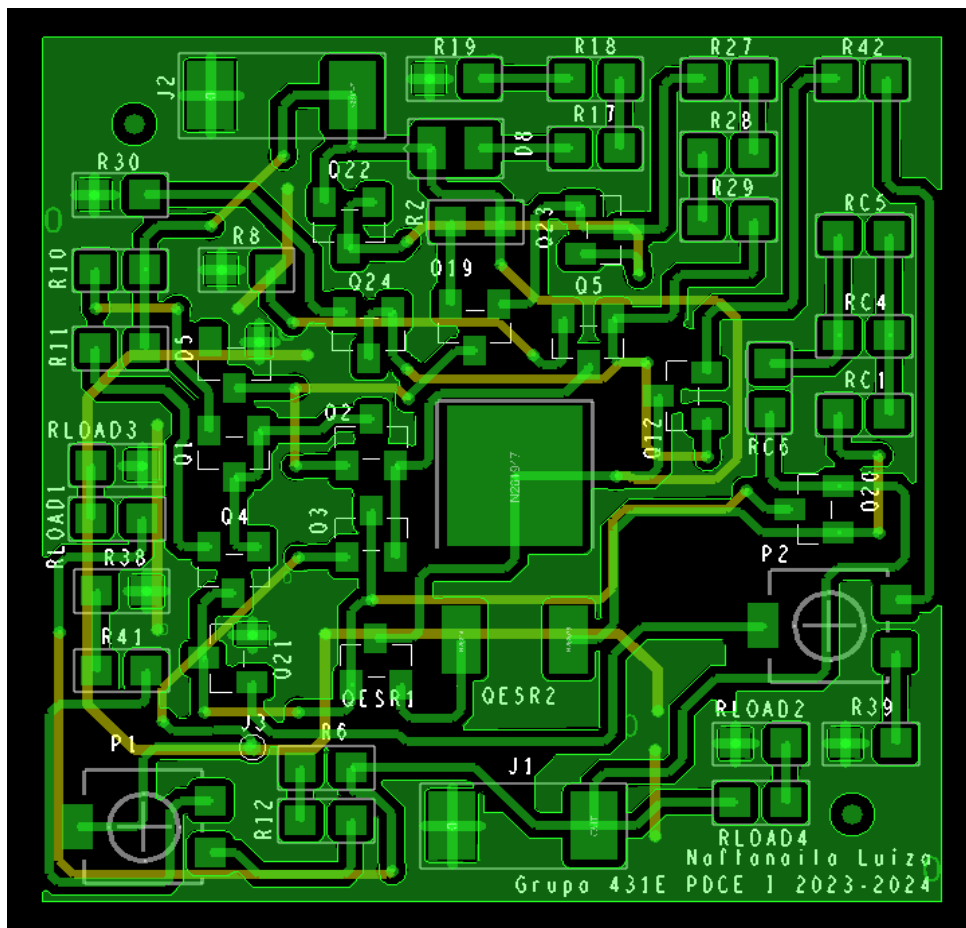




- **Tensiunea de ieșire în funcție de tensiunea de intrare**



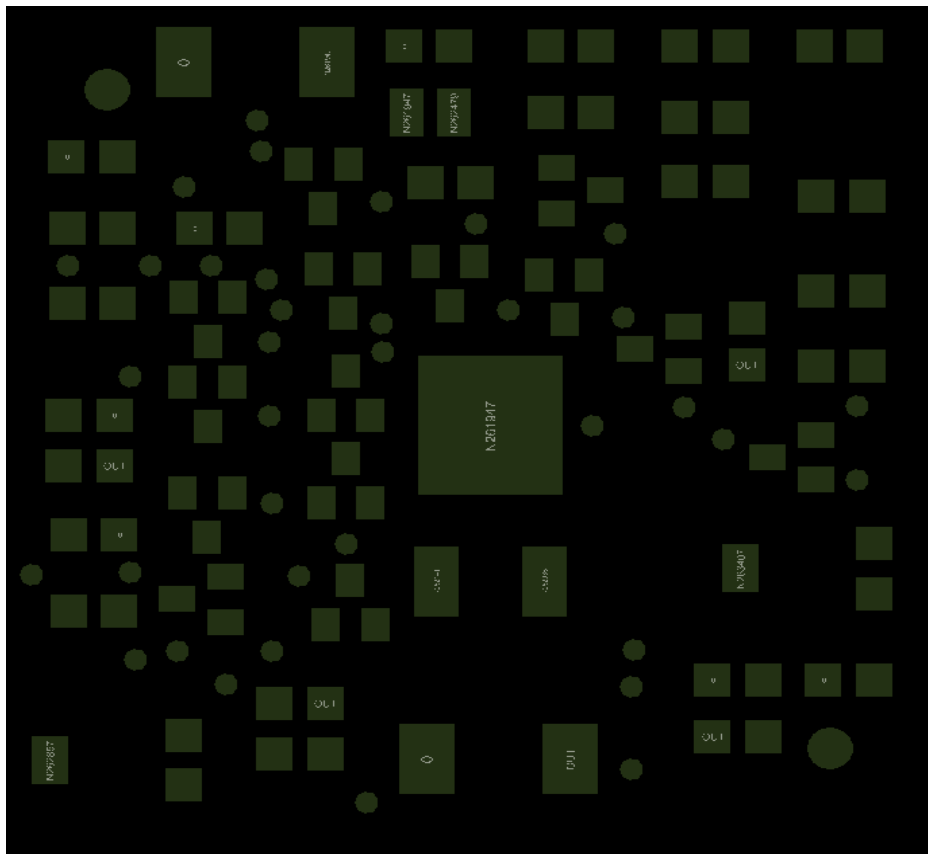
## 6. Layout



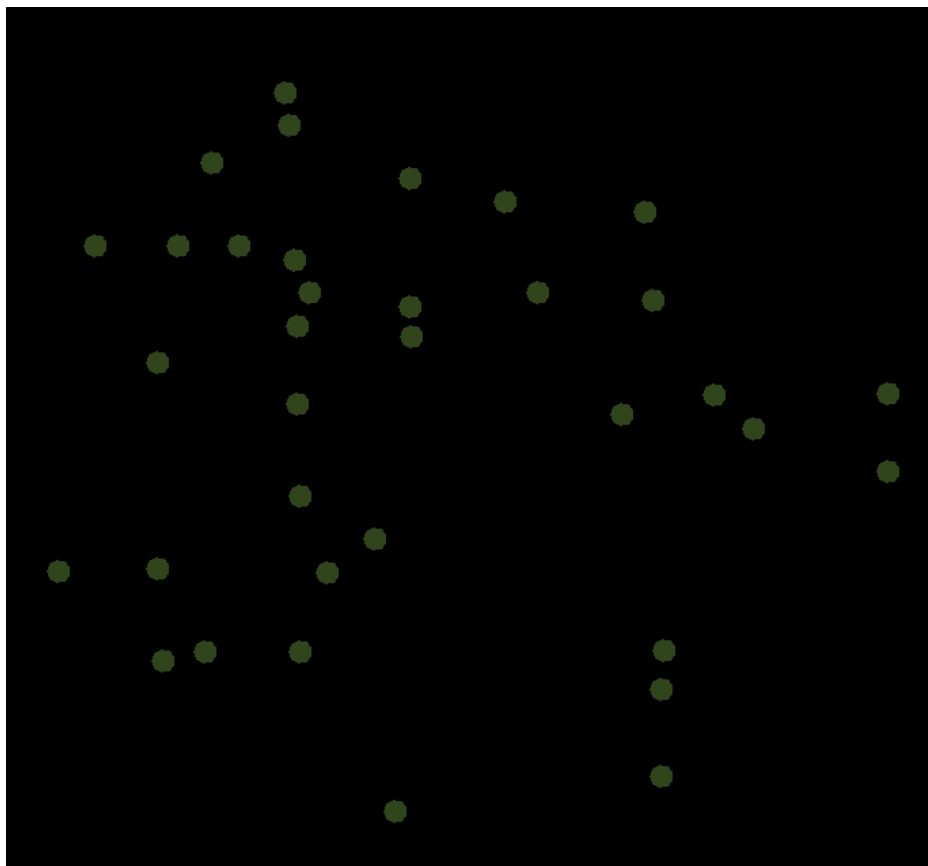
- 

-

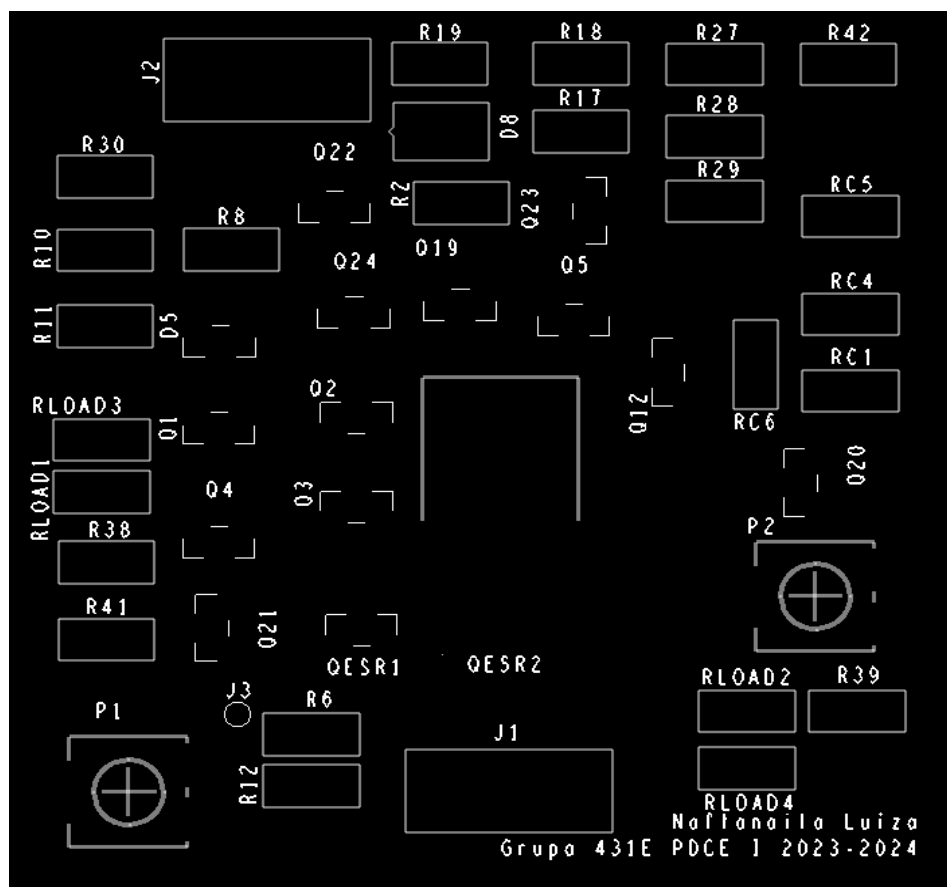
- **Soldermask TOP**



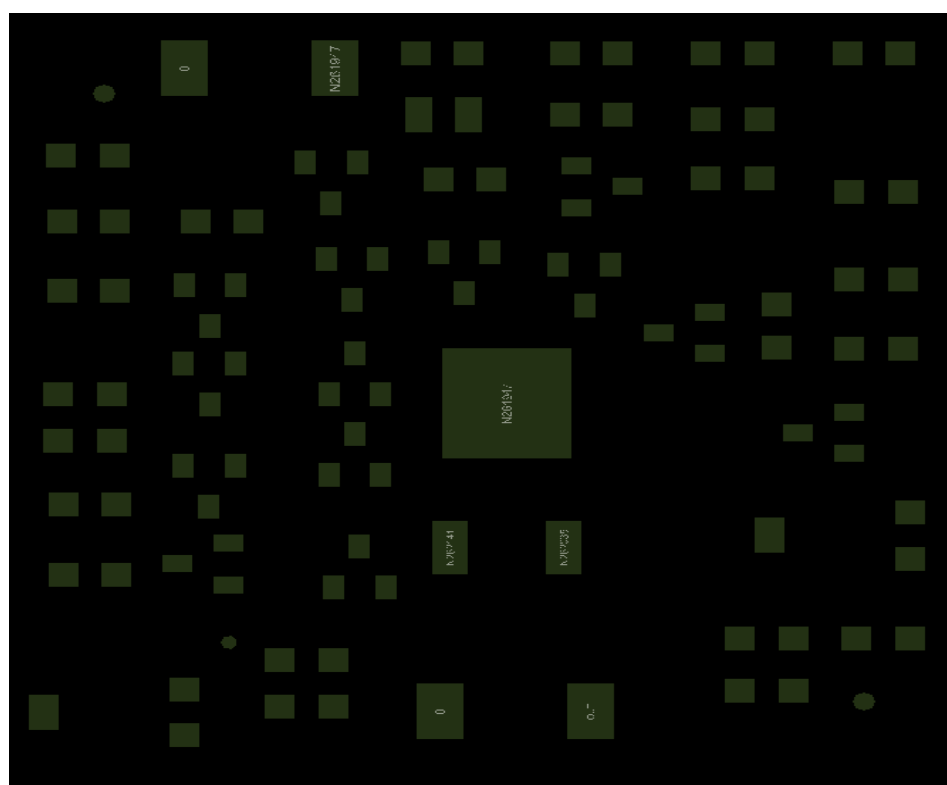
- **Soldermask BOTTOM**



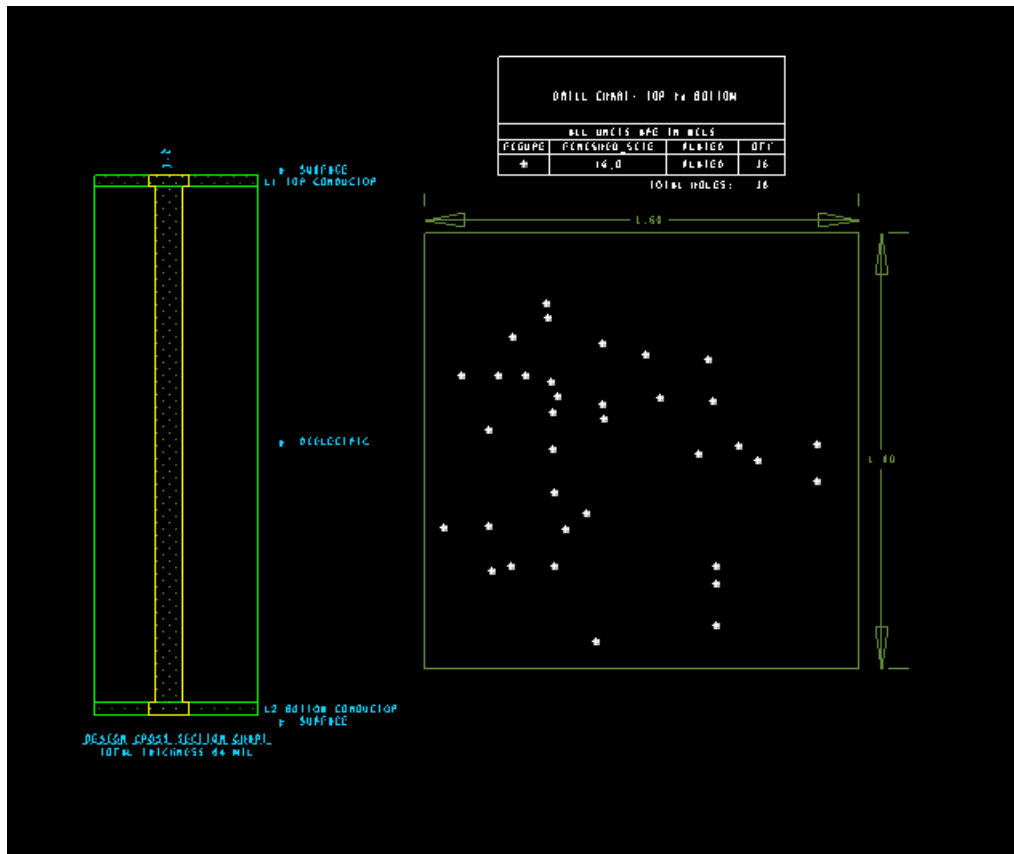
- Silkscreen TOP



- Solderpaste TOP



- FAB



- Componentele active au fost poziționate cât mai aproape de mijlocul plăcuței deoarece acestea disipă putere, iar cele pasive au fost plasate pe marginea plăcii, în jurul componentelor active;
- Traseele de interconectare pentru semnal au fost alese de dimensiunea : 16 mil, traseele de interconectare pentru masă 0 (GND) au fost alese de dimensiunea de 20 mil deoarece prin acestea trec curenți de sute de mA. Traseele de interconectare pentru VCC au fost alese de dimensiunea 16 mil, deoarece, pentru orice tensiune din domeniul impus în cerințele de proiectare, curentul nu depășește 100 mA;
- Etajul diferențial împreună cu oglinda ce polarizează acest etaj au fost plasate astfel încât să fie realizată o împerechere termică bună.
- Conectorii au fost plasați la margini pentru a se realiza cu ușurință conexiunile din exterior.