



Proiect 1 – Dispozitive și circuite electronice

Stabilizator de tensiune cu Element de Reglaj Serie

Stoian Cezar-Iulian

Grupa 435E

2020-2021

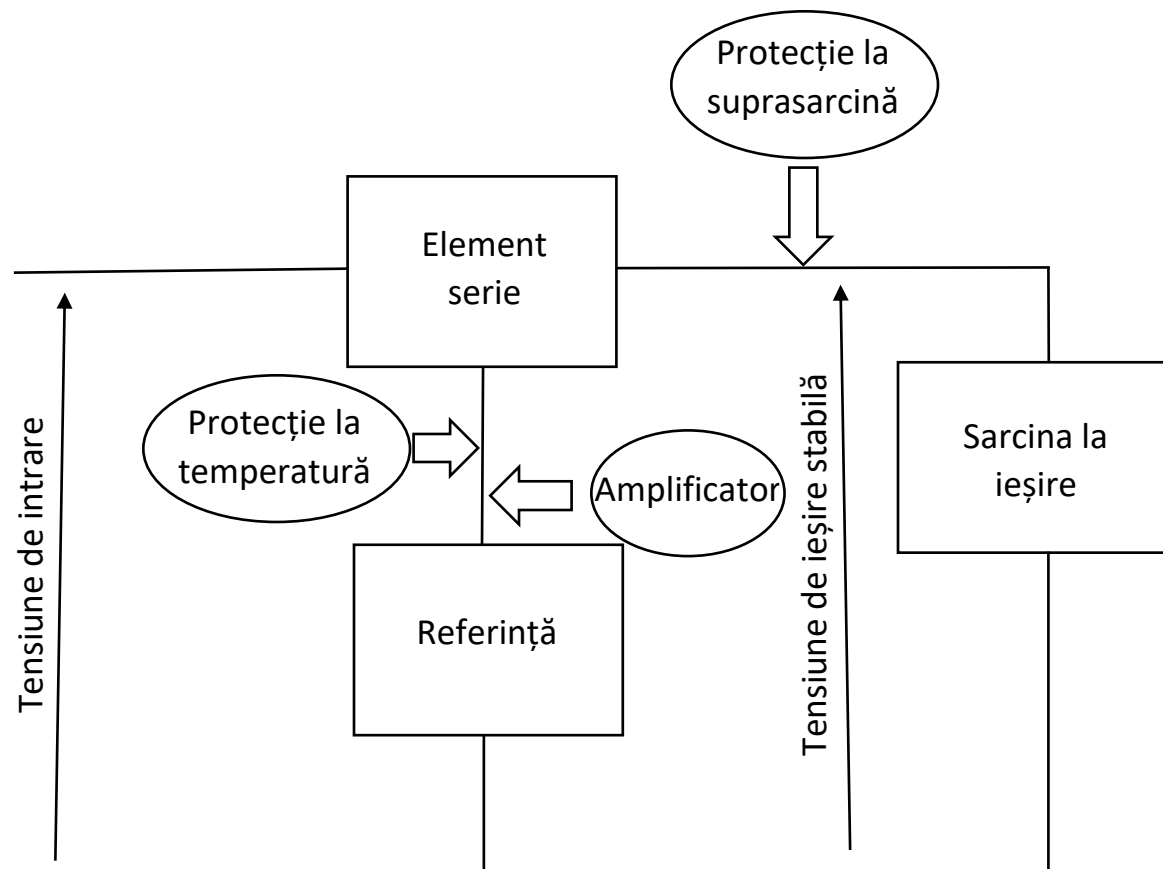
Cuprins:

Tema proiectului și datele de proiectare.....	3
Schema bloc.....	4
Schema circuitului.....	5
Lista componentelor.....	6
Alegerea valorilor componentelor.....	7
Schema electrică de detaliu.....	10
Puncte statice de funcționare.....	11
Calculul puterilor pe rezistoare.....	15
Calculul puterilor pe tranzistoare.....	16
Amplificarea în buclă deschisă.....	17
Simulări.....	18
Stabilizare 9V / Stabilizare 9V (intrare 0-60V)	18
Stabilizare 18V / Stabilizare 18V (intrare 0-60V)	19
V_{ref} în funcție de V_{in} / V_{ref} în funcție de temperatură.....	20
Protecția la supracurent / Protecția la temperatură.....	21
Deriva termică.....	22
PSSR.....	23
PSF.....	24

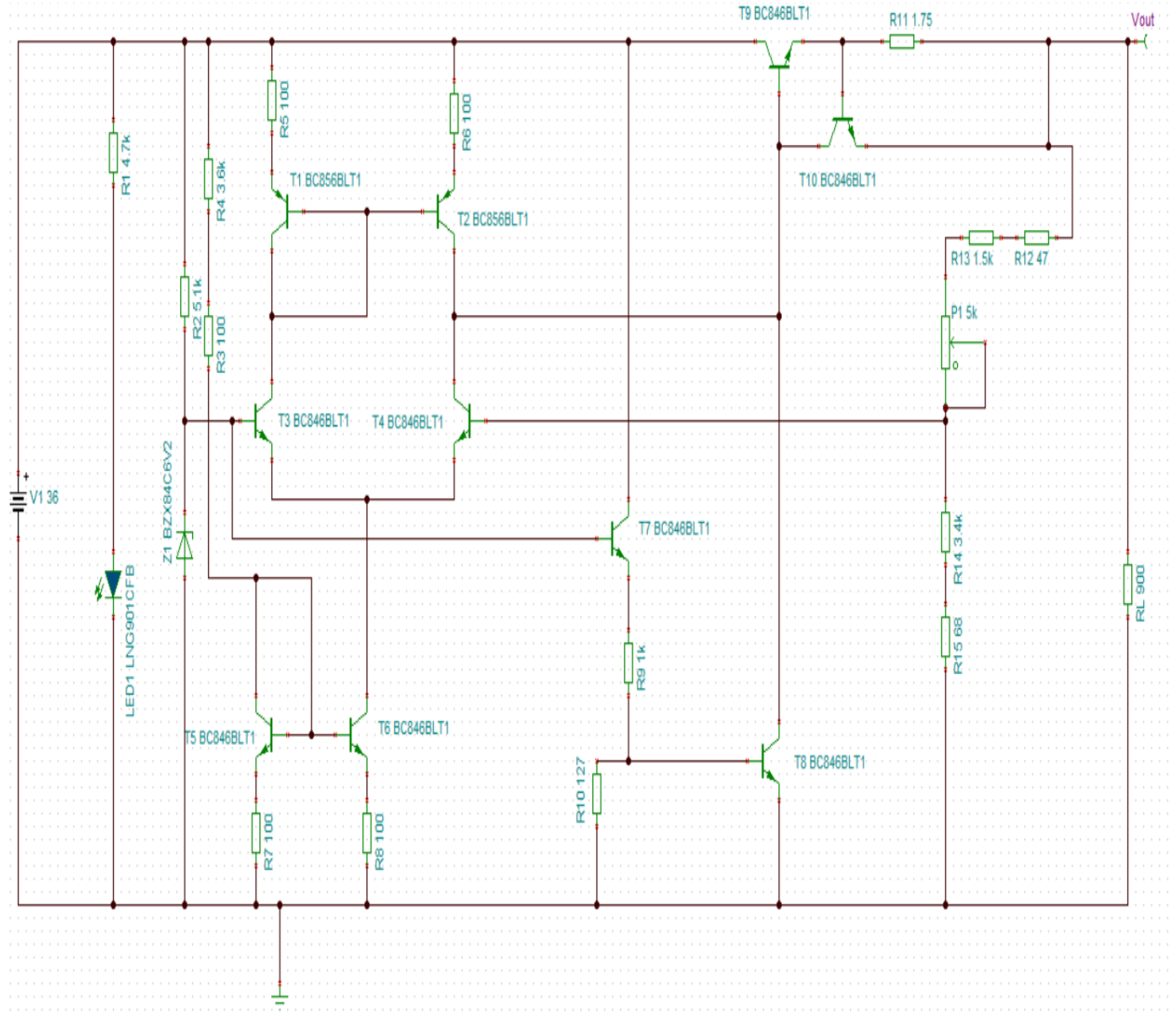
Să se proiecteze și realizeze un stabilizator de tensiune cu ERS având următoarele caracteristici (N = 18):

- Tensiunea de ieșire reglabilă în intervalul: 9-18V
- Element de reglaj serie
- Sarcina la ieșire: $900\ \Omega$
- Deriva termică: $< 2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Protecție la suprasarcină prin limitarea temperaturii tranzistorului element de reglaj serie la 100°C , și a curentului maxim la 0,4A
- Tensiune de intrare în intervalul: 32.4-36V
- Domeniul temperaturilor de funcționare: $0^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$
- Amplificarea în tensiune minimă (în buclă deschisă) a amplificatorului de eroare: minim 200
- Semnalizarea prezenței tensiunilor de intrare/ieșire cu diodă de tip LED

Schema bloc a circuitului:



Schema circuitului:



Lista componentelor:

$R_1 - R_{15}$, R_L : rezistor ($R_1 - R_3$, $R_5 - R_9$, $R_{12} - R_{13}$, R_{15} : rezistor cu peliculă de carbon; R_4 , R_{14} : rezistor cu peliculă metalică; R_{10} : rezistor cu pelicula subțire)

$T_1 - T_2$: tranzistor PNP

$T_3 - T_{10}$: tranzistor NPN

Z_1 : diodă Zener

P_1 : potențiometru

LED_1 : diodă electroluminiscentă (culoare: albastru)

V_1 : alimentare

V_{out} : ieșire

Alegerea valorilor componentelor:

$$V_{out} \in [9 \dots 18] \text{ V}$$

$$V_0 = V_Z \left(1 + \frac{R'}{R''} \right)$$

Alegem diodă Zener cu $V_Z = 6,2 \text{ V}$

$$9 = 6,2 \left(1 + \frac{R'}{R''} \right)$$

$$18 = 6,2 \left(1 + \frac{R' + P}{R''} \right)$$

$$9 = 6,2 + 6,2 \frac{R'}{R''} \Rightarrow 6,2 \frac{R'}{R''} = 2,8 \Rightarrow \frac{R'}{R''} = \frac{2,8}{6,2}$$

$$18 = 6,2 + 6,2 \frac{R'}{R''} + 6,2 \frac{P}{R''} \Rightarrow 6,2 \frac{R'}{R''} + 6,2 \frac{P}{R''} = 11,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6,2 \cdot \frac{2,8}{6,2} + 6,2 \frac{P}{R''} = 11,8 \Rightarrow 6,2 \frac{P}{R''} = 9 \Rightarrow \frac{P}{R''} = \frac{9}{6,2}$$

Alegem un potențiometru de $5 \text{ K}\Omega$

$$\begin{matrix} 9 \dots 5 \\ 6,2 \dots x \end{matrix} \Rightarrow x = 3,444 \Rightarrow R'' = 3,444 \text{ K}\Omega$$

$$\begin{matrix} 6,2 \dots 3,444 \\ 2,8 \dots y \end{matrix} \Rightarrow y = 1,555 \Rightarrow R' = 1,555 \text{ K}\Omega$$

$$\Rightarrow R_{13} + R_{14} = 1,555 \text{ K}\Omega$$

$$R_{14} + R_{15} = 3,444 \text{ K}\Omega$$

$$P_1 = 5 \text{ K}\Omega$$

$$V_Z = 6,2 \text{ V}$$

V_Z este referința de tensiune

$$\text{Pentru protecția la supra-curent (0,4 A): } \frac{V_{BE}}{0,4 \text{ A}} = \frac{0,6 \text{ V}}{0,4 \text{ A}} = 1,5 \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Alegem } R_{11} = 1,5 \Omega$$

LED:

Am ales R_1 atât, deoarece vreau să am un curent mai mic de 20mA.

$$V_{in\ max} = 36V \Rightarrow R_{1\ min} = (V_{in\ max} - V_{LED})/20mA = (36V - 3V)/20mA = 1.65k\Omega$$

$$V_{LED} = 3V$$

Referința de tensiune:

$$V_z = 6.2V$$

Am ales R_2 atât, deoarece vreau să am un curent mai mare de 5mA pe dioda Zener (pentru a se deschide).

$$V_{in\ min} = 32.4V \Rightarrow R_{2\ max} = (V_{in\ min} - V_z)/5mA = (32.4V - 6.2V)/5mA = 5.25k\Omega$$

Amplificatorul diferențial ($T_1 - T_4$, R_5 , R_6):

Este un amplificator diferențial cu emitori degenerați și oglindă de curent (T_1 , T_2). Tensiune de referință se regăsește pe baza lui T_3 , iar reacția negativă prin baza lui T_4 .

Rețeaua de reacție ($R_{12} - R_{15}$, P):

$$V_{out} = V_z [1 + ((R_{12} + R_{13}) + P)/(R_{14} + R_{15})]$$

Circuitul de protecție la supracurent (T_{10} , R_{11}):

Am ales rezistența astfel încât atunci când avem I_c pe T_9 egal cu 0.4A, să avem $V_{BE\ T_{10}} = 0.7V$. Când curentul crește peste valoarea de 0.4A, tensiunea pe R_{11} o să devină suficientă (0.7V) ca să se deschidă T_{10} . Deoarece T_{10} este conectat de la baza la emitorul lui T_9 , deschiderea lui T_{10} va reduce $V_{BE\ T_9}$. Curentul de ieșire nu va putea crește mai mult de o valoare predeterminată (0.4A), chiar dacă va exista un scurtcircuit.

$$0.7V/0.4A = 1.75k\Omega$$

Circuitul de protecție în temperatură ($T_7 - T_8$, $R_9 - R_{10}$):

Tensiunea V_{BE} la care tranzistorul T_8 poate să conducă un curent semnificativ scade cu $2mV/^{\circ}C$. Am ales valorile rezistoarelor R_9 și R_{10} (care alcătuiesc un divizor de tensiune), astfel încât tensiunea din emitorul lui T_7 să-l deschidă pe T_8 la $100^{\circ}C$.

Rețeaua pentru curentul amplificatorului ($T_5 - T_6$, $R_3 - R_4$, $R_7 - R_8$):

Rezistoarele R_3 și R_4 dau curentul prin $T_5 - T_6$ și, astfel, prin amplificatorul diferențial.

Puncte statice de funcționare:

P.S.F.

$$V_{im} = 36 \text{ V}$$

Setarea P : 100 %

$$\begin{cases} V_{R1} + V_{LED} = V_{im} \\ V_{LED} = 3 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow V_{R1} = V_{im} - V_{LED} = 36 - 3 = 33 \text{ V}$$

$$i_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{33 \text{ V}}{5,7 \text{ K}\Omega} = 7,02 \text{ mA}$$

$$\begin{cases} V_{R2} + V_2 = V_{im} \\ V_2 = 6,2 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow V_{R2} = V_{im} - V_2 = 36 - 6,2 = 29,8 \text{ V}$$

$$i_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{29,8 \text{ V}}{5,1 \text{ K}\Omega} = 5,84 \text{ mA} > 5 \text{ mA}$$

$$\text{Deci am fi avut } V_{im} = 32,4 \text{ V} \Rightarrow i_{R2} = \frac{32,4 - 6,2}{5,1} = \frac{26,2 \text{ V}}{5,1 \text{ K}\Omega} = 5,13 \text{ mA} > 5 \text{ mA}$$

P.p. T_8 și T_{10} în blocare

P.p. $T_1 - T_7$ și T_9 în RAN

P.p. $i_B = 0 \Rightarrow i_E = i_C$

$V_{BE} = 0,6 \text{ V}$ (pentru NPN) și $V_{EB} = 0,6 \text{ V}$ (pentru PNP)

$$\begin{cases} V_{BE T5} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CB T5} = 0 \end{cases} \Rightarrow V_{CE T5} = V_{BE T5} + V_{CB T5} = 0,6 \text{ V} \geq V_{BE T5} \Rightarrow T_5 \text{ RAN}$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 100 + 3600 = 3700 \Omega = 3,7 \text{ K}\Omega$$

$$V_{R34} + V_{CE T5} + V_{R7} = V_{im} \Rightarrow V_{R34} + V_{R7} = V_{im} - V_{CE T5} = 36 - 0,6 = 35,4 \text{ V}$$

$$R_{347} = R_{34} + R_7 = 3700 + 100 = 3800 \Omega = 3,8 \text{ K}\Omega$$

$$V_{R34} + V_{R7} = V_{R347} = 35,4 \text{ V}$$

$$i_{R347} = i_{R3} = i_{R4} = i_{R7} = \frac{V_{R347}}{R_{347}} = \frac{35,4 \text{ V}}{3,8 \text{ K}\Omega} = 9,31 \text{ mA}$$

$$V_{R3} = R_3 \cdot i_{R3} = 100 \, \Omega \cdot 9,31 \, \text{mA} = 931 \, \text{mV}$$

$$V_{R4} = R_4 \cdot i_{R4} = 3,6 \, \text{K}\Omega \cdot 9,31 \, \text{mA} = 33,51 \, \text{V}$$

$$V_{R7} = R_7 \cdot i_{R7} = 100 \, \Omega \cdot 9,31 \, \text{mA} = 931 \, \text{mV}$$

$$V_{\text{out}} = V_2 \left(1 + \frac{R_{12} + R_{13} + P}{R_{14} + R_{15}} \right)$$

$$R_{12} + R_{13} = 47 + 1500 = 1547 \, \Omega = 1,547 \, \text{K}\Omega$$

$$R_{14} + R_{15} = 3500 + 68 = 3568 \, \Omega = 3,568 \, \text{K}\Omega$$

Deci P este scutit la 100 \Rightarrow P este în scurtcircuit $\Rightarrow P = 0$

$$V_{\text{out}} = 6,2 \left(1 + \frac{1,547}{3,568} \right) = 6,2 \cdot 1,43 = 8,99 \, \text{V}$$

$$i_L = \frac{V_{\text{out}}}{R_L} = \frac{8,99 \, \text{V}}{500 \, \Omega} = 17,98 \, \text{mA}$$

$$R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15} = R_{\text{pot}} = 1,547 + 3,568 = 5,115 \, \text{K}\Omega$$

$$V_{\text{out}} = R_{\text{pot}} \cdot i_{R_{\text{pot}}} \Rightarrow i_{R_{\text{pot}}} = \frac{V_{\text{out}}}{R_{\text{pot}}} = \frac{8,99 \, \text{V}}{5,115 \, \text{K}\Omega} = 1,75 \, \text{mA}$$

$$i_{R_{\text{pot}}} = i_{R_{12}} = i_{R_{13}} = i_{R_{14}} = i_{R_{15}} = 1,75 \, \text{mA}$$

$$V_{R_{12}} = R_{12} \cdot i_{R_{12}} = 47 \, \Omega \cdot 1,75 \, \text{mA} = 82,25 \, \text{mV}$$

$$V_{R_{13}} = R_{13} \cdot i_{R_{13}} = 1,5 \, \text{K}\Omega \cdot 1,75 \, \text{mA} = 2,625 \, \text{V}$$

$$V_{R_{14}} = R_{14} \cdot i_{R_{14}} = 3,5 \, \text{K}\Omega \cdot 1,75 \, \text{mA} = 6,125 \, \text{V}$$

$$V_{R_{15}} = R_{15} \cdot i_{R_{15}} = 68 \, \Omega \cdot 1,75 \, \text{mA} = 119 \, \text{mV}$$

$$V_{R2} + V_{BE_{T7}} + V_{R3} + V_{R_{10}} = V_{\text{in}}$$

Prin R_5 și R_{10} trece același curent $i_{R_{10}} = i_{R_5} = i_{R_{10}}$

$$V_{BE_{T7}} = 0,6 \, \text{V}$$

$$V_{R_5} + V_{R_{10}} = V_{\text{in}} - V_{R2} - V_{BE_{T7}} = 36 - 29,8 - 0,6 = 5,6 \, \text{V}$$

$$i_{R_{10}} = \frac{V_{R_5} + V_{R_{10}}}{R_5 + R_{10}} = \frac{5,6 \, \text{V}}{1 \, \text{K}\Omega + 127 \, \Omega} = \frac{5,6 \, \text{V}}{1,127 \, \text{K}\Omega} = 4,96 \, \text{mA}$$

$$V_{R9} = R_9 \cdot i_{R9} = 1\text{ k}\Omega \cdot 4,36\text{ mA} = 4,36\text{ V}$$

$$V_{R10} = R_{10} \cdot i_{R10} = 127\Omega \cdot 4,36\text{ mA} = 623,52\text{ mV}$$

$$V_{CE T_7} + V_{R9} + V_{R10} = V_{in} \Rightarrow V_{CE T_7} = V_{in} - V_{R9} - V_{R10} = 36 - 4,36 - 0,63 = 30,41\text{ V} \approx V_{BE T_7} \Rightarrow T_7 \text{ RAN}$$

$$i_{E T_5} = i_{E T_6} \Rightarrow i_{R_7} = i_{R_8} = 9,31\text{ mA}$$

$$V_{R_8} = R_8 \cdot i_{R_8} = 100\Omega \cdot 9,31\text{ mA} = 931\text{ mV}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{BE T_1} = 0,6\text{ V} \\ V_{BC T_1} = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow V_{EC T_1} = V_{BE T_1} + V_{BC T_1} = 0,6\text{ V} \geq V_{BE T_1} \Rightarrow T_1 \text{ RAN}$$

$$i_{R_5} = i_{R_6} = \frac{i_{R_8}}{2} = 4,65\text{ mA}$$

$$V_{R_5} = V_{R_6} = R_5 \cdot i_{R_5} = 100\Omega \cdot 4,65\text{ mA} = 465\text{ mV}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{BE T_3} = 0,6\text{ V} \\ V_{R_5} + V_{EC T_1} + V_{CB T_3} = V_{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow V_{CB T_3} = V_{R_2} - V_{R_5} - V_{EC T_1} = 29,8 - 0,46 - 0,6 = 28,74\text{ V}$$

$$V_{CE T_3} = V_{CB T_3} + V_{BE T_3} = 28,74 + 0,6 = 29,34\text{ V} \geq V_{BE T_3} \Rightarrow T_3 \text{ RAN}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{BE T_6} = 0,6\text{ V} \\ V_{R_2} + V_{BE T_3} + V_{CE T_6} = V_{in} \end{array} \right\} \Rightarrow V_{CE T_6} = V_{in} - V_{R_2} - V_{BE T_3} = 36 - 29,8 - 0,6 = 5,6\text{ V}$$

$$V_{CE T_6} \geq V_{BE T_6} \Rightarrow T_6 \text{ RAN}$$

$$i_{R11} = i_{R12} + i_{R13} = 1,79 + 9,38 = 11,17\text{ mA}$$

$$V_{R11} = R_{11} \cdot i_{R11} = 1,75\Omega \cdot 11,17\text{ mA} = 20,59\text{ mV}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{in} - V_{out} = V_{R11} + V_{CE T_9} \\ V_{BE T_9} = 0,6\text{ V} \end{array} \right\} \Rightarrow V_{CE T_9} = V_{in} - V_{out} - V_{R11} = 36 - 8,95 - 0,02 = 26,99\text{ V}$$

$$V_{CE T_9} \geq V_{BE T_9} \Rightarrow T_9 \text{ RAN}$$

$$V_{EBT_2} = 0,0V$$

$$V_{BCT_3} = V_{CE T_3} - V_{BE T_3} = 26,93 - 0,6 = 26,33V$$

$$V_{R6} + V_{ECT_2} = V_{BCT_3} \Rightarrow V_{ECT_2} = V_{BCT_3} - V_{R6} = 26,33 - 0,46 = 25,93V \geq V_{EBT_2} \Rightarrow T_2 \text{ RAN}$$

$$V_{R6} + V_{ECT_2} + V_{CE T_3} + V_{CE T_6} + V_{R8} = V_{im} \Rightarrow V_{CE T_3} = V_{im} - V_{R6} - V_{ECT_2} - V_{CE T_6} - V_{R8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{CE T_3} = 36 - 0,46 - 25,93 - 4,67 - 0,93 = 4,01V \geq V_{BE T_3} \Rightarrow T_3 \text{ RAN}$$

$$V_{BE T_3} = 0,6V$$

Calculul puterilor pe rezistoare:

$$P_{R_1} = V_{R_1} \cdot i_{R_1} = 33V \cdot 7,02 \text{ mA} = 231,66 \text{ mW}$$

$$P_{R_2} = V_{R_2} \cdot i_{R_2} = 29,8V \cdot 5,84 \text{ mA} = 174,03 \text{ mW}$$

$$P_{R_3} = V_{R_3} \cdot i_{R_3} = 931 \text{ mV} \cdot 9,31 \text{ mA} = 8,67 \text{ mW}$$

$$P_{R_5} = V_{R_5} \cdot i_{R_5} = 465 \text{ mV} \cdot 4,65 \text{ mA} = 2,16 \text{ mW}$$

$$P_{R_7} = V_{R_7} \cdot i_{R_7} = 931 \text{ mV} \cdot 9,31 \text{ mA} = 8,67 \text{ mW}$$

$$P_{R_L} = V_{R_L} \cdot i_{R_L} = 899V \cdot 9,98 \text{ mA} = 88,1 \text{ mW}$$

$$P_{R_{12}} = V_{R_{12}} \cdot i_{R_{12}} = 84,13 \text{ mV} \cdot 1,79 \text{ mA} = 150,59 \mu\text{W}$$

$$P_{R_{13}} = V_{R_{13}} \cdot i_{R_{13}} = 2,68V \cdot 1,79 \text{ mA} = 4,79 \text{ mW}$$

$$P_{R_{14}} = V_{R_{14}} \cdot i_{R_{14}} = 6,09V \cdot 1,79 \text{ mA} = 10,9 \text{ mW}$$

$$P_{R_{15}} = V_{R_{15}} \cdot i_{R_{15}} = 121,72 \text{ mV} \cdot 1,79 \text{ mA} = 217,88 \mu\text{W}$$

$$P_{R_9} = V_{R_9} \cdot i_{R_9} = 4,96V \cdot 4,96 \text{ mA} = 24,6 \text{ mW}$$

$$P_{R_{10}} = V_{R_{10}} \cdot i_{R_{10}} = 629,92 \text{ mV} \cdot 4,96 \text{ mA} = 3,12 \text{ mW}$$

$$P_{R_8} = V_{R_8} \cdot i_{R_8} = 931 \text{ mV} \cdot 9,31 \text{ mA} = 8,67 \text{ mW}$$

$$P_{R_6} = V_{R_6} \cdot i_{R_6} = 465 \text{ mV} \cdot 4,65 \text{ mA} = 2,16 \text{ mW}$$

$$P_{R_{11}} = V_{R_{11}} \cdot i_{R_{11}} = 20,59 \text{ mV} \cdot 11,77 \text{ mA} = 242,34 \mu\text{W}$$

Calculul puterilor pe tranzistoare:

$$P_d = V_{CE} \cdot i_c$$

$$i_{c1} = 4,65 \text{ mA} < i_{c\text{max}1}$$

$$i_{c2} = 4,65 \text{ mA} < i_{c\text{max}2}$$

$$i_{c3} = 4,65 \text{ mA} < i_{c\text{max}3}$$

$$i_{c4} = 4,65 \text{ mA} < i_{c\text{max}4}$$

$$i_{c5} = 3,31 \text{ mA} < i_{c\text{max}5}$$

$$i_{c6} = 3,31 \text{ mA} < i_{c\text{max}6}$$

$$i_{c7} = 4,36 \text{ mA} < i_{c\text{max}7}$$

$$i_{c8} = 11,77 \text{ mA} < i_{c\text{max}8}$$

$$V_{CE1} = 0,6 \text{ V} < V_{CE1\text{max}}$$

$$V_{CE2} = 25,93 \text{ V} < V_{CE2\text{max}}$$

$$V_{CE3} = 29,34 \text{ V} < V_{CE3\text{max}}$$

$$V_{CE4} = 4,01 \text{ V} < V_{CE4\text{max}}$$

$$V_{CE5} = 0,6 \text{ V} < V_{CE5\text{max}}$$

$$V_{CE6} = 4,67 \text{ V} < V_{CE6\text{max}}$$

$$V_{CE7} = 30,51 \text{ V} < V_{CE7\text{max}}$$

$$V_{CE8} = 26,59 \text{ V} < V_{CE8\text{max}}$$

$$P_{d1} = 4,65 \text{ mA} \cdot 0,6 \text{ V} = 2,79 \text{ mW} < P_{d1\text{max}}$$

$$P_{d2} = 4,65 \text{ mA} \cdot 25,93 \text{ V} = 120,57 \text{ mW} < P_{d2\text{max}}$$

$$P_{d3} = 4,65 \text{ mA} \cdot 29,34 \text{ V} = 136,53 \text{ mW} < P_{d3\text{max}}$$

$$P_{d4} = 4,65 \text{ mA} \cdot 4,01 \text{ V} = 18,65 \text{ mW} < P_{d4\text{max}}$$

$$P_{d5} = 3,31 \text{ mA} \cdot 0,6 \text{ V} = 5,58 \text{ mW} < P_{d5\text{max}}$$

$$P_{d6} = 3,31 \text{ mA} \cdot 4,67 \text{ V} = 15,48 \text{ mW} < P_{d6\text{max}}$$

$$P_{d7} = 4,36 \text{ mA} \cdot 30,51 \text{ V} = 132,83 \text{ mW} < P_{d7\text{max}}$$

$$P_{d8} = 11,77 \text{ mA} \cdot 26,59 \text{ V} = 312,67 \text{ mW} < P_{d8\text{max}}$$

$$i_{c\text{max}1} = i_{c\text{max}2} = \dots = i_{c\text{max}7} = i_{c\text{max}8} = 1 \text{ A}$$

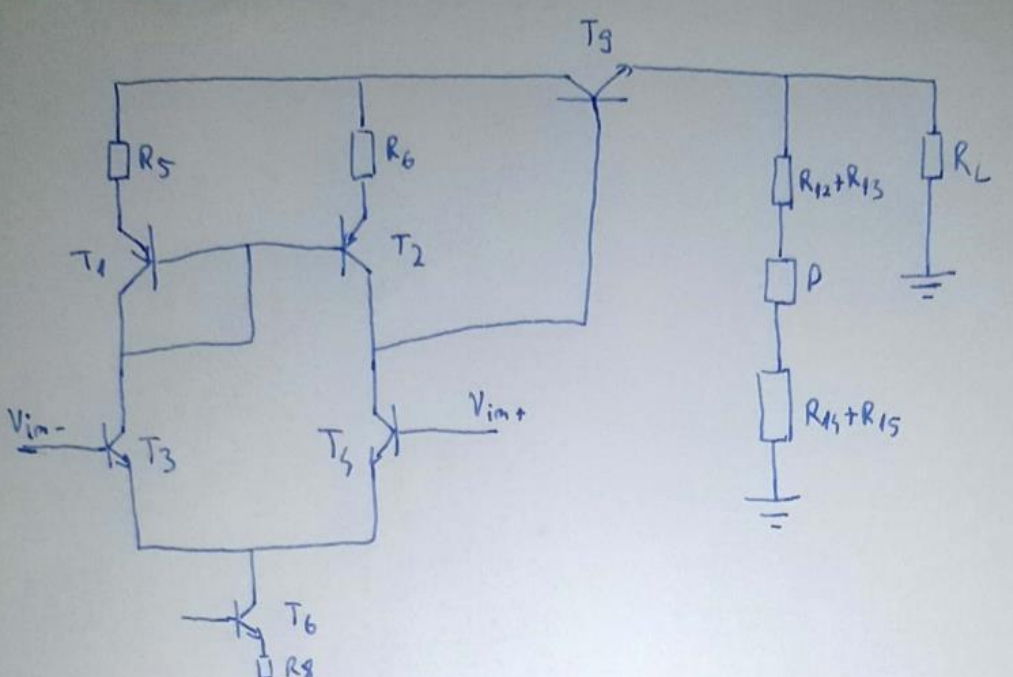
(din data sheet)

$$V_{CE1\text{max}} = V_{CE2\text{max}} = \dots = V_{CE7\text{max}} = V_{CE8\text{max}} = 100 \text{ V}$$

$$P_{d1\text{max}} = P_{d2\text{max}} = \dots = P_{d7\text{max}} = P_{d8\text{max}} = 1 \text{ W}$$

Amplificarea în buclă deschisă:

Amplificarea în buclă deschisă



R_{11} este nesemnificativ ($1,75 \Omega$)

$$R_{\text{echivalent}} = (R_{12} + R_{13} + P + R_{14} + R_{15}) \parallel R_L = 10015 \Omega \parallel 300 \Omega = 825,79 \Omega$$

$$g_{m3} = i_{c3} \cdot 40 = 4,65 \cdot 40 = 186 \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}} \right] = 0,186 \left[\frac{\text{A}}{\text{V}} \right]$$

$$R_{\pi 3} = \frac{0,6}{\frac{i_{c3}}{\beta}} = \frac{0,6}{\frac{11,77 \cdot 10^{-3}}{200}} = \frac{0,6}{5,88 \cdot 10^{-5}} = 10204,08 \Omega$$

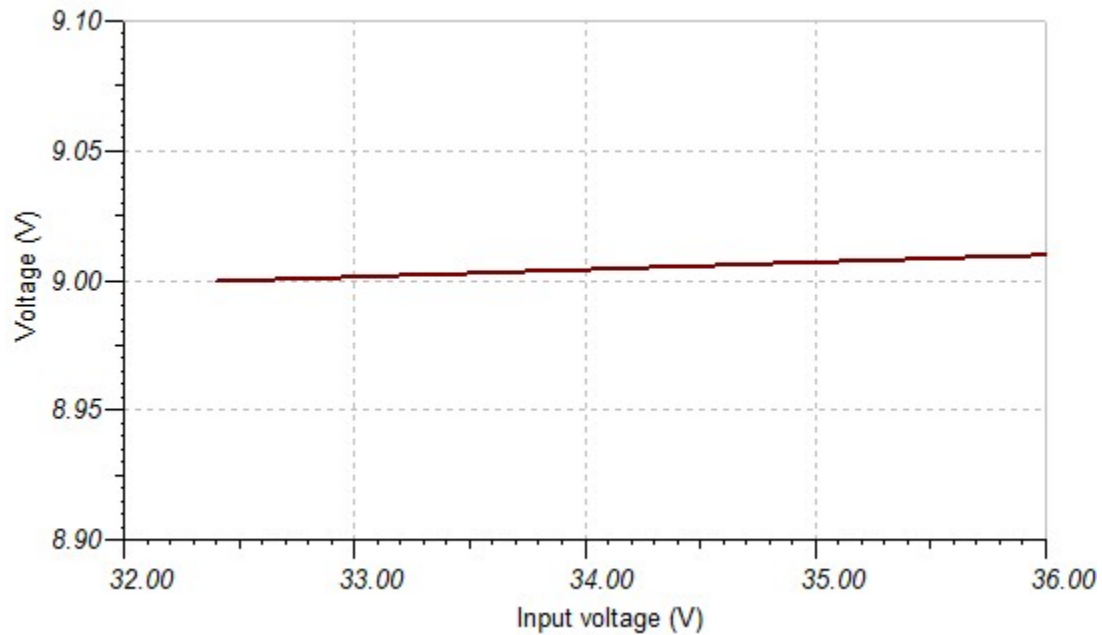
$\beta = 200$

$$a_v = g_{m3} (R_{\pi 3} + (\beta + 1) R_{\text{echivalent}})$$

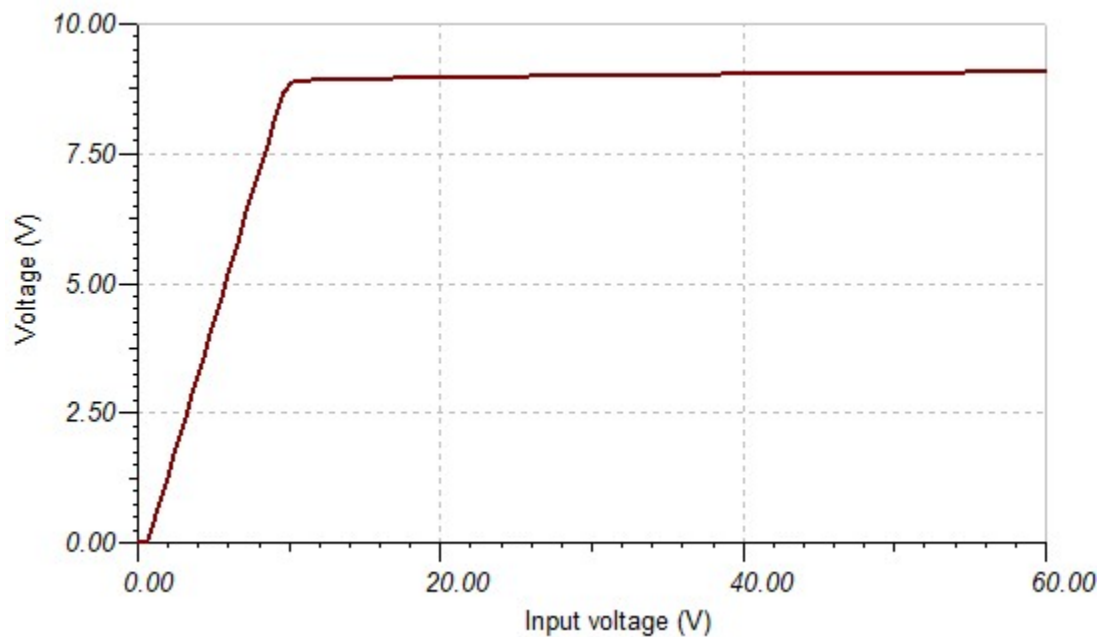
$$a_v = 0,186 \cdot (10204,08 + 201 \cdot 825,79) = 32770$$

Simulari:

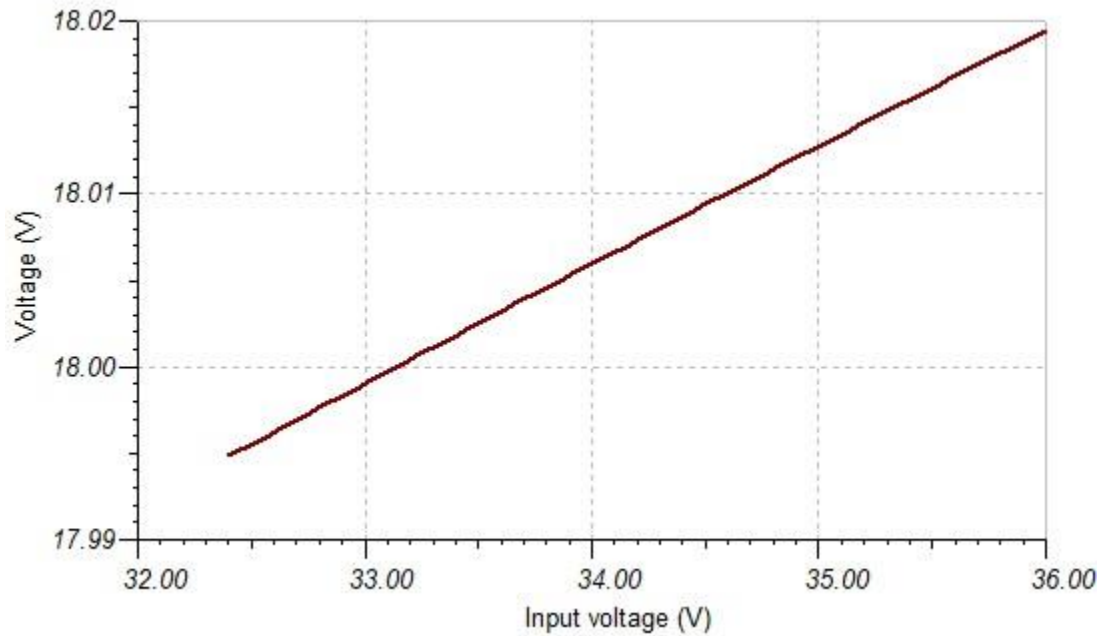
➤ Stabilizare 9V:



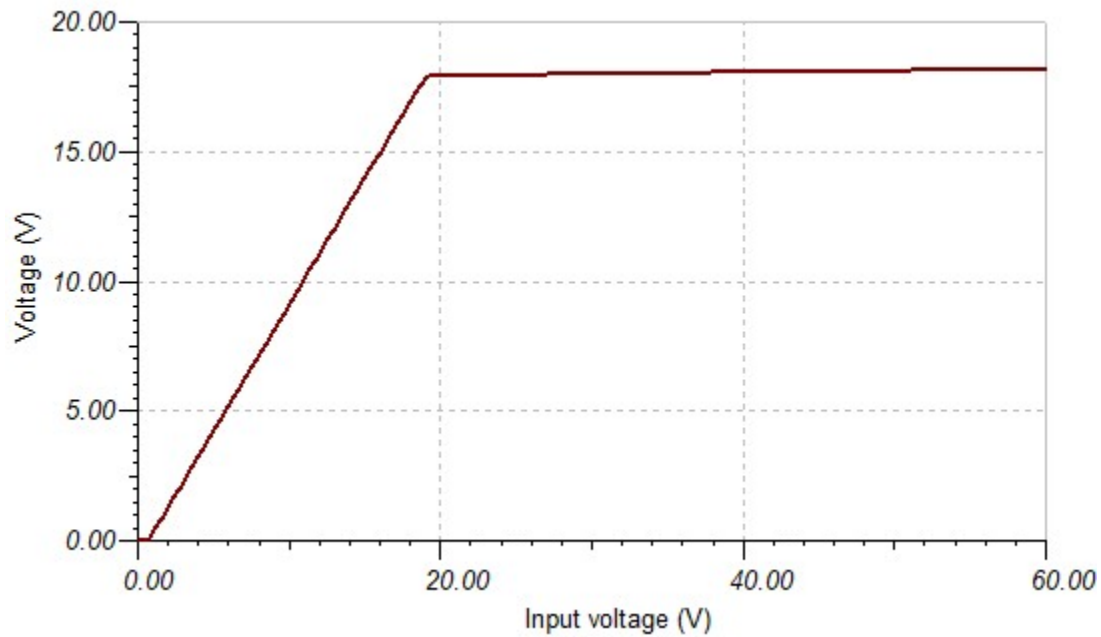
➤ Stabilizare 9V (intrare 0-60V):



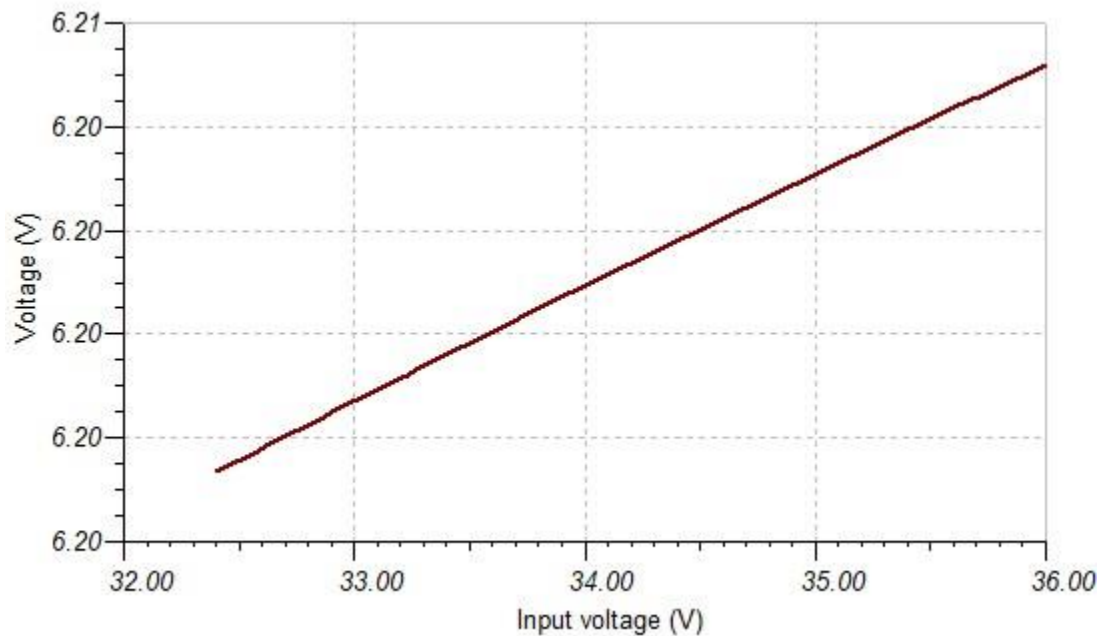
➤ Stabilizare 18V:



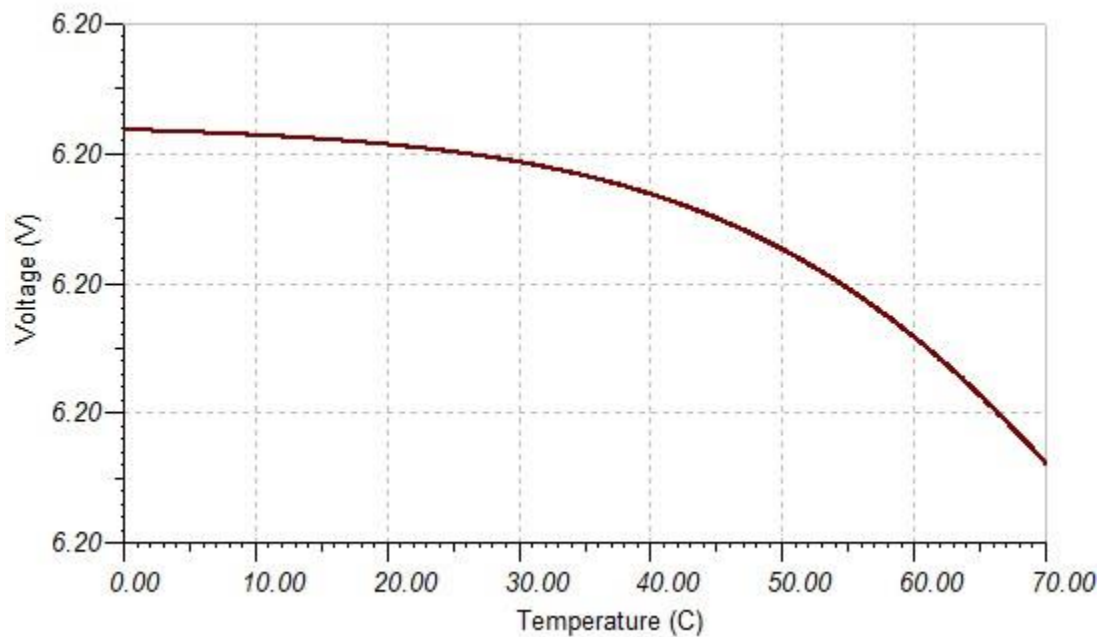
➤ Stabilizare 18V (intrare 0-60V):



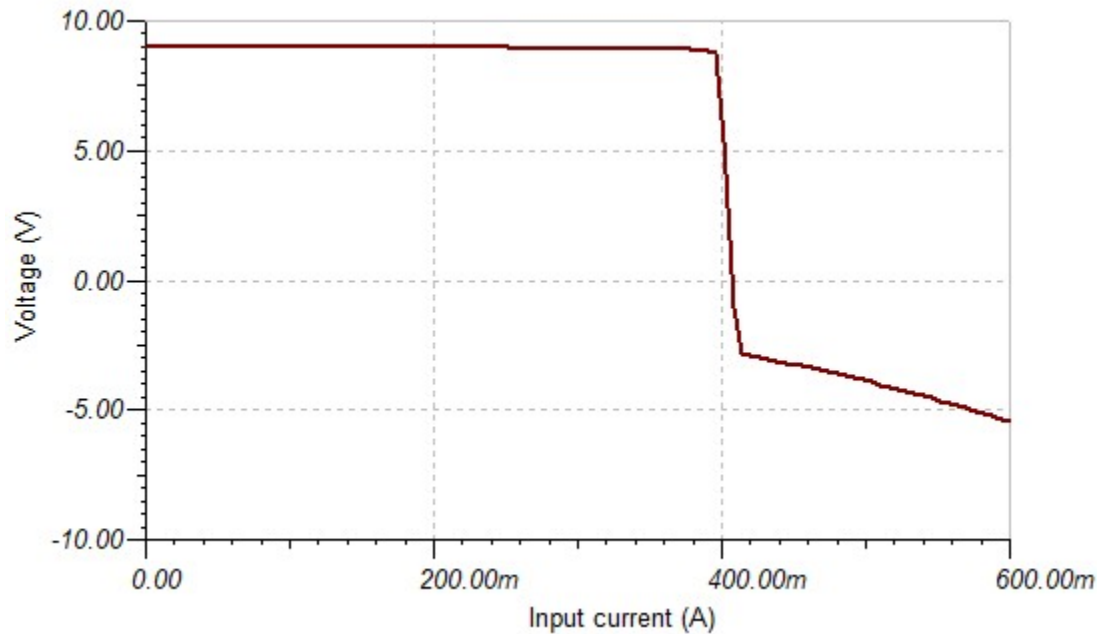
➤ V_{ref} în funcție de V_{in} :



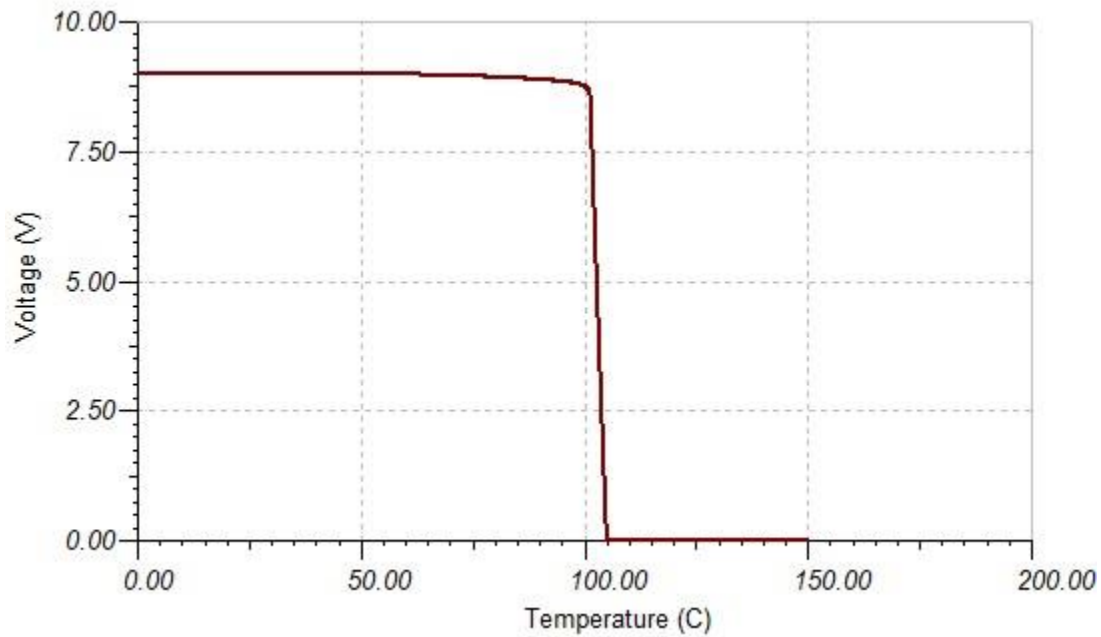
➤ V_{ref} în funcție de temperatură:



➤ Protecția la supracurent:

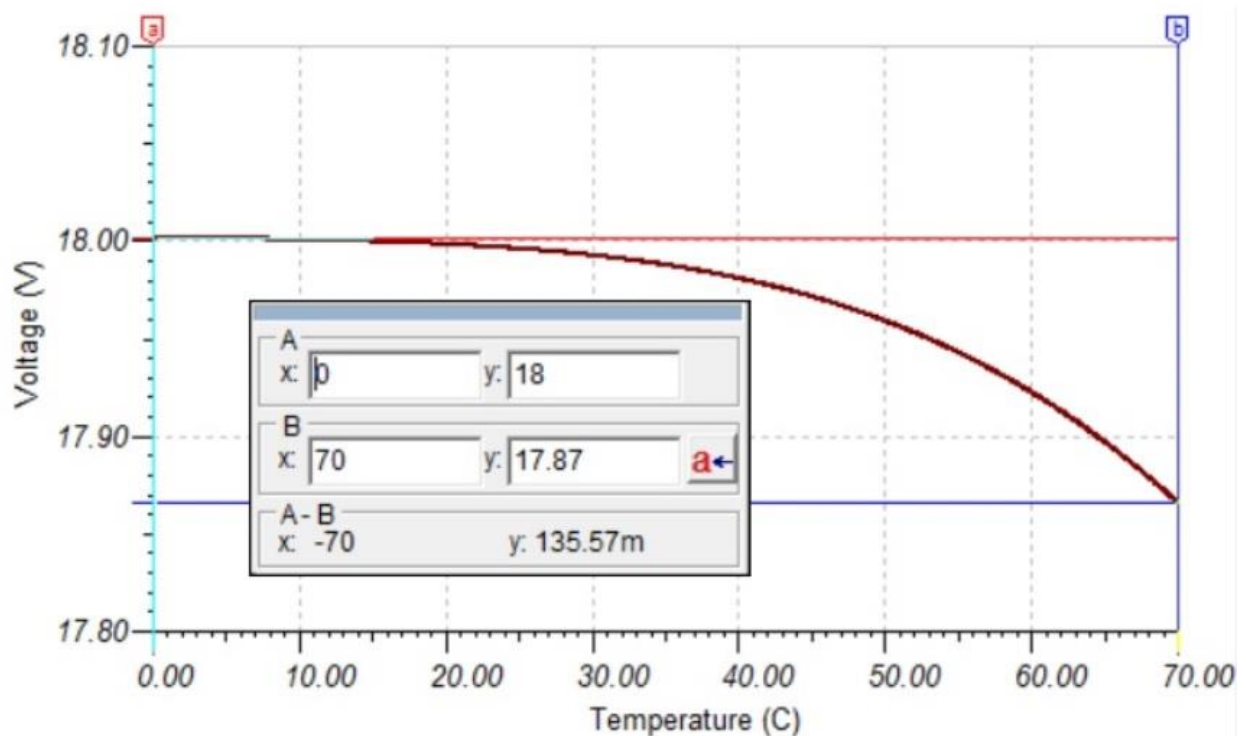
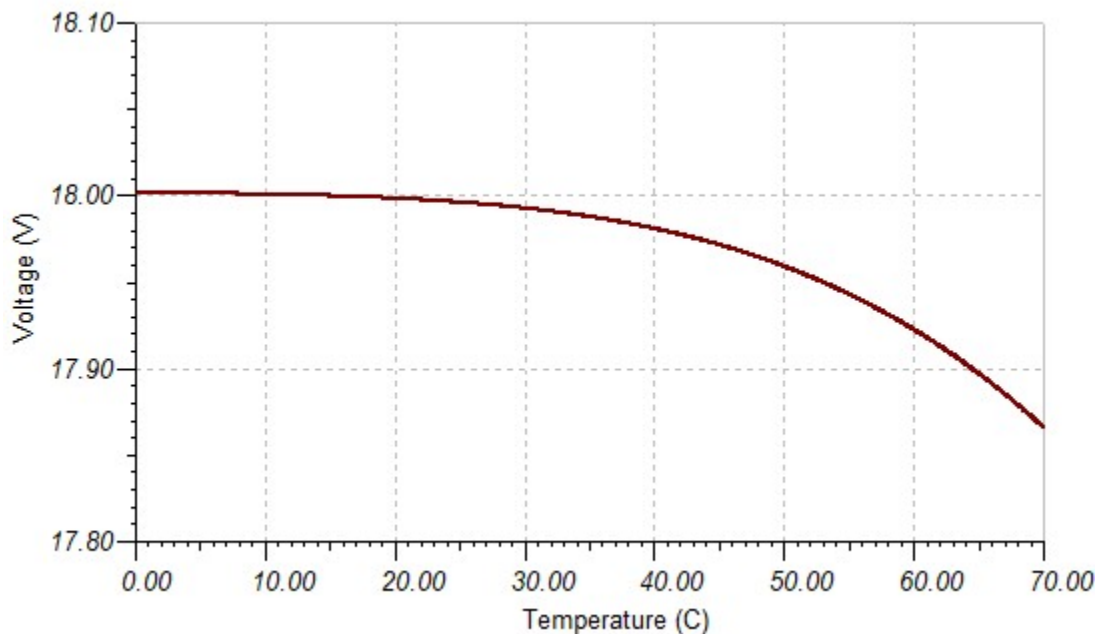


➤ Protecția la temperatură:



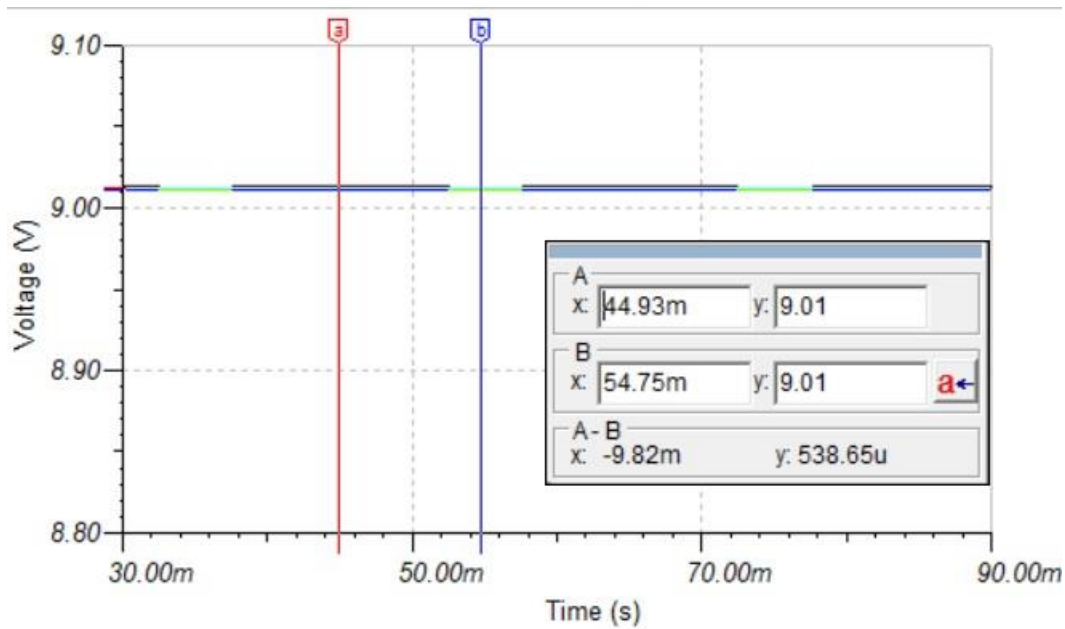
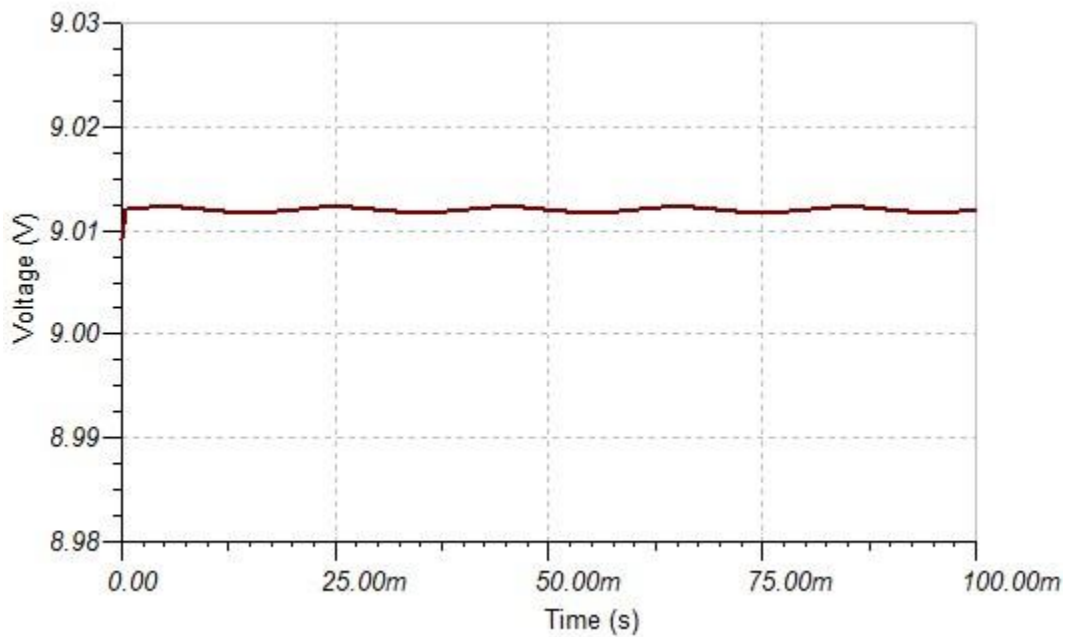
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

- Deriva termică (este calculată pentru cel mai rău caz: setarea potențiometrului la 0 și intrarea minimă):



Deriva: $135.57\text{mV}/70^{\circ}\text{C} = 1.93\text{mV}/^{\circ}\text{C} < 2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

➤ PSSR:



$$A_{VV} = 538.65 \mu V = 0.539 \text{ mV} \Rightarrow A = A_{VV}/2 = 0.269 \text{ mV}$$

$$20 \log(0.269 \text{ mV} / 100 \text{ mV}) = -52 \text{ dB}$$

➤ PSF:

I_R1[8,3]	6.98mA
I_R10[2,0]	4.88mA
I_R11[13,Vout]	11.82mA
I_R12[Vout,14]	1.81mA
I_R13[14,20]	1.81mA
I_R14[16,7]	1.79mA
I_R15[7,0]	1.79mA
I_R2[8,1]	5.84mA
I_R3[19,15]	9.28mA
I_R4[8,19]	9.28mA
I_R5[8,18]	4.68mA
I_R6[8,17]	4.77mA
I_R7[5,0]	9.24mA
I_R8[6,0]	9.26mA
I_R9[11,2]	4.88mA
I_RL[Vout,0]	10.01mA
V_LED1[3,0]	3.18V
V_R1[8,3]	32.82V
V_R10[2,0]	619.24mV
V_R11[13,Vout]	20.68mV
V_R12[Vout,14]	84.96mV
V_R13[14,20]	2.71V
V_R14[16,7]	6.09V
V_R15[7,0]	121.82mV
V_R2[8,1]	29.8V
V_R3[19,15]	927.67mV
V_R4[8,19]	33.4V
V_R5[8,18]	467.61mV
V_R6[8,17]	477.03mV
V_R7[5,0]	924.38mV
V_R8[6,0]	926.29mV
V_R9[11,2]	4.88V
V_RL[Vout,0]	9.01V
V_V1[8,0]	36V
V_Z1[0,1]	-6.2V
Vout	9.01V
VP_1	6.2V
VP_10	5.5V
VP_11	5.5V
VP_12	9.79V
VP_13	9.03V
VP_14	8.92V
VP_15	1.68V
VP_16	6.21V
VP_17	35.52V
VP_18	35.53V
VP_19	2.6V
VP_2	619.24mV
VP_20	6.21V
VP_3	3.18V
VP_5	924.38mV
VP_6	926.29mV
VP_7	121.82mV
VP_8	36V
VP_9	34.84V
VP_Vout	9.01V