

PROIECT TEHNICI CAD

CIRCUIT PENTRU CONTROLUL PRESIUNII ÎNTR-O CAMERĂ HIPERBARĂ

Student: Rad Amalia-Maria

An: 2

Seria: A

Grupa: 2122

Profesor curs: Prof. dr.ing. Ovidiu Aurel Pop

Profesor laborator: Asist. drd.ing. Elena Ștețco

CUPRINS

1.Cerință	3
2.Specificații de proiectare	4
3.Fundamentare teoretică	5
3.1.Schema bloc	5
3.2 Circuitul bazat pe schema de principiu	6
4.Dimensionarea circuitului.....	7
4.1 Dimensionarea pe hârtie	7
4.2 Verificarea calculelor prin simulare	13
5.Analize statistice	20
5.1 Analiza Monte Carlo în DC	20
5.2 Analiza Worst-Case în DC	22
5.Bibliografie	24

1.Cerință

Să se proiecteze un sistem de control al presiunii într-o cameră hiperbară. Știind că senzorul de presiune folosit poate să măsoare presiunea liniar în domeniul specificat în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât presiunea din camera hiperbară să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de presiune se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu presiunea este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[0 - (VCC-2V)]$. În camera hiperbară, presiunea este menținută în domeniul specificat cu ajutorul unei pompe, comandată de un comparator și un releu electromagnetic. Ansamblul pompă – releu se va modela cu ajutorul unui rezistor. Starea pompei (pornit/oprit) este semnalizată de un LED având culoarea specificată în tabel.

2.Specificații de proiectare

Domeniul de presiune măsurabil [mBar]: 1160-1640;

Presiunea în camera hiperbară [mBar]: 1280-1550;

Rezistența senzorului [ohm]:55k-27k;

VCC[V]:16V;

Culoare LED semnalizare: verde;

3.Fundamentare teoretică

Pentru realizarea circuitului am utilizat următoarele componente:tranzistoare, rezistente, amplificatoare operaționale, un LED, surse de tensiune și un releu.

Tranzistoarele pe care le-am folosit sunt de tipul Q2N2222. Acest tip de transistor este un tranzistor NPN care are o tensiune colector-emitor de 30V, curentul prin colector este de maxim 0.8A, puterea maximă disipată este de aproximativ 0.5-1.2W. Frecvența de lucru este de 300MHz.

Ca și amplificator operațional am ales amplificatorul operațional LM385. Tensiunea maximă prin amplificator este de 32V.

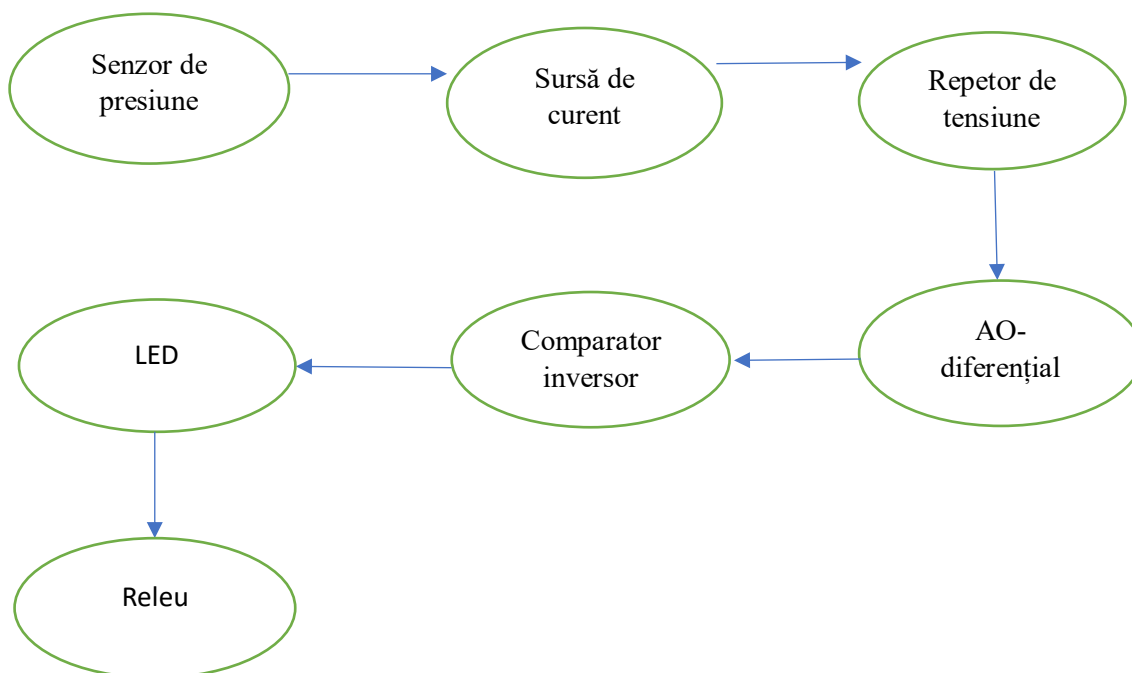
Releul ales este un releu electromagnetic care are următoarele specificații: tensiune nominală bobină $\cong 16V$, temperatura de lucru $\in (-40-85^{\circ}C)$, iar rezistența bobinei este de 948Ω .

Având curentul maxim prin circuit de valoarea $254\mu A$, iar tensiunea de alimentare având valoarea de 16V, aceste componente îmi respectă specificațiile de proiectare.

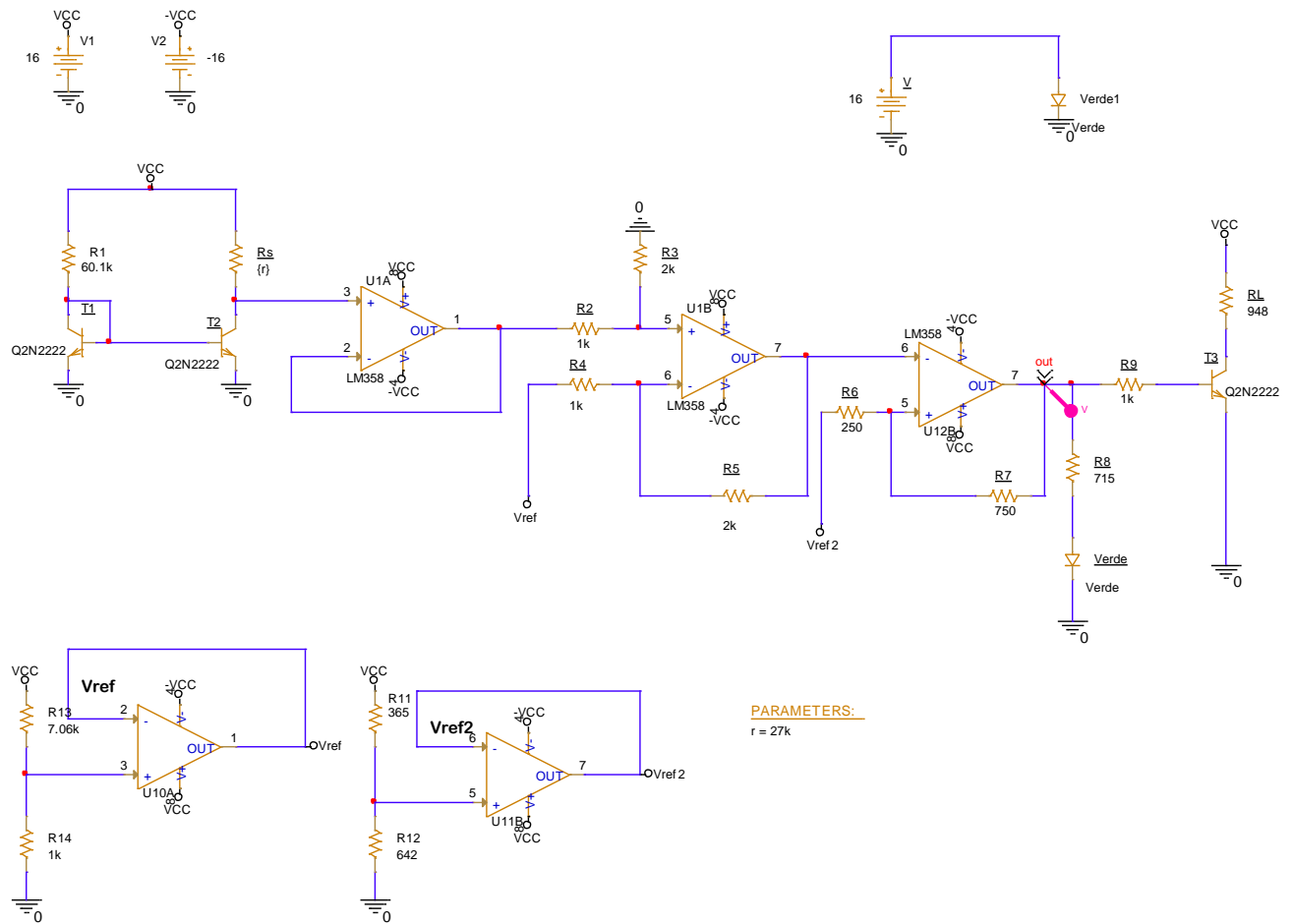
Observație

Toate rezistențele fac parte din seria E192 și au o toleranță de 1%.

3.1.Schema bloc



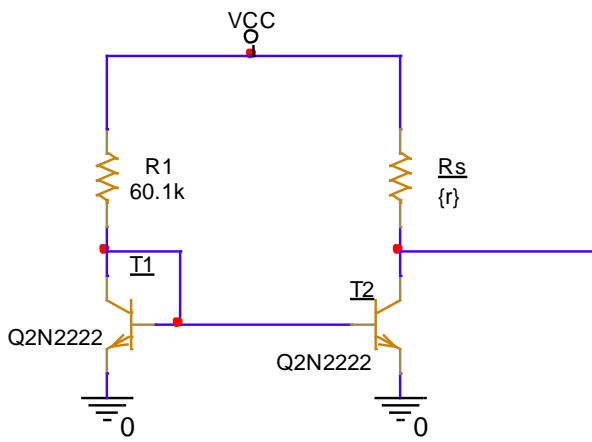
3.2 Circuitul bazat pe schema de principiu



4.Dimensionarea circuitului

4.1 Dimensionarea pe hârtie

I. Oglinda de curent



$$V_{out} = VCC - R_s * I = VCE > 2 \quad (1)$$

$$R_{smax} * I_{max} = VCC - 2 \quad (2)$$

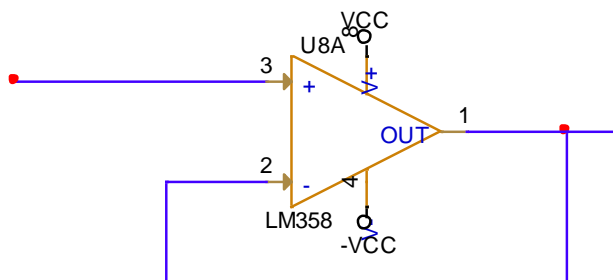
$$I_{max} = \frac{VCC-2}{R_{smax}} = \frac{16-2}{55k} = 254\mu A \quad (3)$$

$$R_{smin} * I = 27k * 254\mu = 6.85V \quad (4)$$

$$V_{out} \in [2V - 9.15V]$$

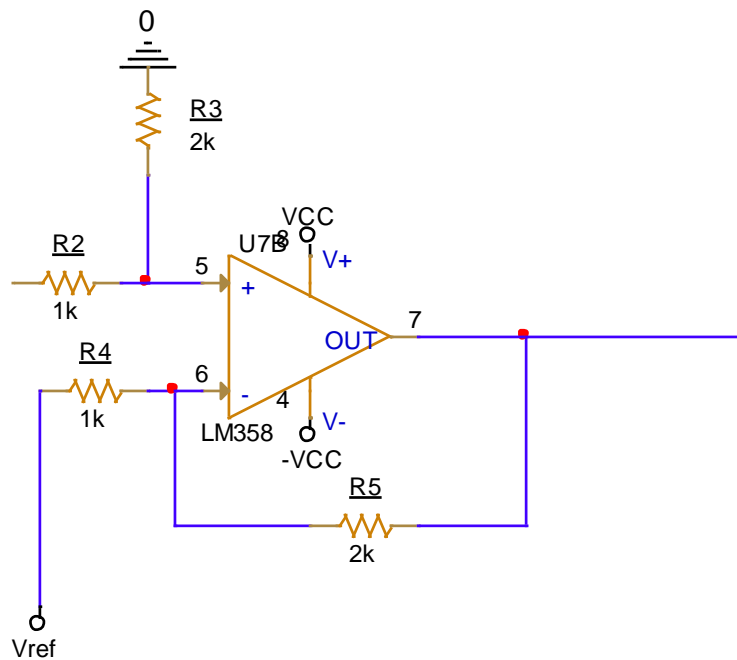
$$R_1 = \frac{VCC-VBE}{I} = \frac{16-0.7}{254\mu} = 60k\Omega \cong 60.1k\Omega \quad (5)$$

II. Repetor de tensiune



Repetorul de tensiune face adaptare de impedanță. Rezistența de intrare este mică, iar rezistența de ieșire mare.

III. Amplificatorul operațional diferențial



$$\text{Aleg } R_2 = R_4$$

$$R_3 = R_5$$

$$V_{out2} = \frac{R_5}{R_4} * (V_{out1} - V_{ref1}) \quad (6)$$

$$V_{out1} \in [0V - 14V]$$

$$0 = \frac{R_5}{R_4} (2 - V_{ref}) \Rightarrow V_{ref} = 2V$$

$$14 = \frac{R_5}{R_4} * (9.15V - 2V) \Rightarrow 14 = \frac{R_5}{R_4} * 7.15$$

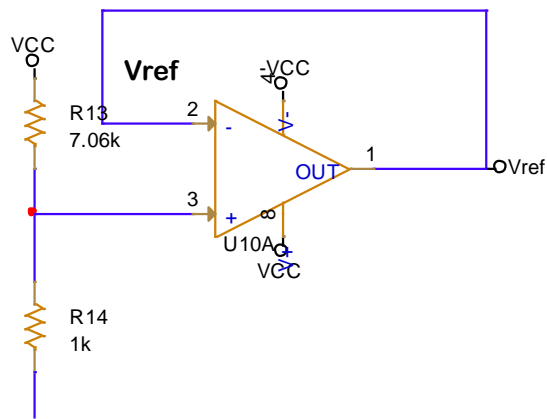
$$\frac{R_5}{R_4} = \frac{14}{7.15} \Rightarrow \frac{R_5}{R_4} = 1.86$$

$$R_4 = 1k\Omega$$

$$R_5 = 1.86k\Omega$$

Am considerat R_5 ca fiind $2k\Omega$, această valoare fiind o valoare standardizată.

Vref



$$V_{ref} = 2V$$

$$V_{ref} = \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{13}} * VCC \quad (7)$$

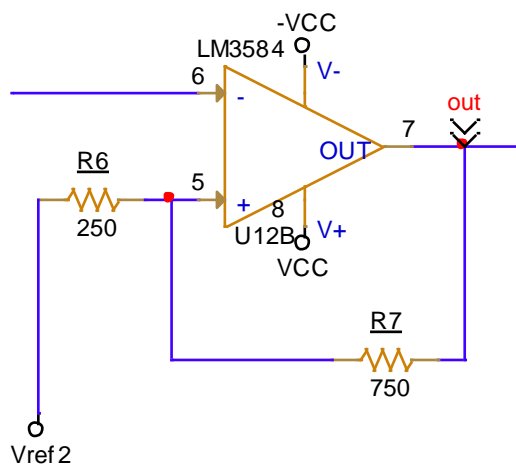
$$2 = \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{13}} * 16$$

$$0.125 = \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{13}}$$

$$\text{Aleg } R_{14} = 1k\Omega$$

$$R_{13} = 7k\Omega = 7.06k\Omega (\text{valoare standardizată})$$

IV. Comparator inversor



$$VCC_1 = VCC - 2 = 16 - 2 = 14V$$

$$1640 - 1160 = 480 [mBar]$$

$$1bar: \frac{14V}{480} = 0.03V \quad (8)$$

$$1280 - 1160 = 120$$

$$V_{pj} = 120 * 0.03 = 3.6V \quad (9)$$

$$1550 - 1160 = 390$$

$$V_{ps} = 390 * 0.03 = 11.7V \quad (10)$$

$$V_{pj} = \frac{R_6}{R_6 + R_7} * (-VCC) + \frac{R_7}{R_7 + R_6} * V_{ref2} \quad (11)$$

$$V_{ps} = \frac{R_6}{R_6 + R_7} * VCC + \frac{R_7}{R_7 + R_6} * V_{ref2} \quad (12)$$

Înlocuind valorile în (11) și (12) =>

$$3.6 = -\frac{R_6}{R_6 + R_7} * 16 + \frac{R_7}{R_7 + R_6} * V_{ref2}$$

$$11.7 = \frac{R_6}{R_6 + R_7} * 16 + \frac{R_7}{R_7 + R_6} * V_{ref2}$$

Din (12)-(11) =>

$$\frac{8.1}{32} = \frac{R_6}{R_6 + R_7}$$

$$0.25 = \frac{R_6}{R_6 + R_7}$$

Aleg $R_6 = 250\Omega \Rightarrow R_7 = 750\Omega$ (valoare standardizată)

Calculul rezistențelor la care se face bascularea:

$$1160 \text{ mBar} \dots \dots \dots R_{smax} = 55k\Omega$$

$$1640 \text{ mBar} \dots \dots \dots R_{smin} = 27k\Omega$$

$$1280 \text{ mBar} \dots \dots \dots R_1$$

$$1550 \text{ mBar} \dots \dots \dots R_2$$

$$1 \text{ Bar}: \frac{55k - 27k}{1640 - 1160} = \frac{28k}{480} = 58.33 \Omega / \text{mBar} \quad (13)$$

$$R_l = 55k - (1280 - 1160) * 58.33 = 48k\Omega \cong 46.5k\Omega (\text{în urma simulării})$$

$$R_h = 27k + (1550 - 1160) * 58.33 = 32.5k\Omega \cong 30k\Omega (\text{în urma simulării})$$

$$R_l * I = 46.5k * 254\mu = 11.8V \Rightarrow V_1 = VCC - R_l * I = 16 - 11.8 = 4.2V \quad (14)$$

$$R_h * I = 30k * 254\mu = 7.62V \Rightarrow V_2 = VCC - R_h * I = 16 - 7.62 = 8.38V \quad (15)$$

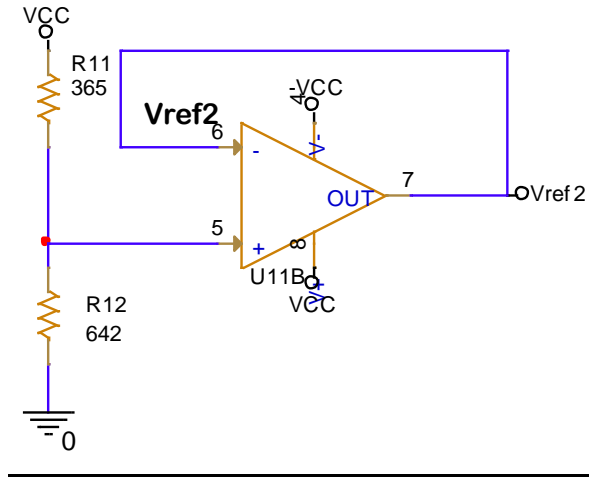
Din (12)+(11) =>

$$15.3 = \frac{2 * R_7 * V_{ref2}}{R_6 + R_7}$$

$$15.3 = \frac{2 * 750 * V_{ref2}}{250 + 750}$$

$$V_{ref2} = 10.2V$$

Vref2



$$V_{ref2} = 10.2V$$

$$V_{ref2} = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{11}} * VCC \quad (16)$$

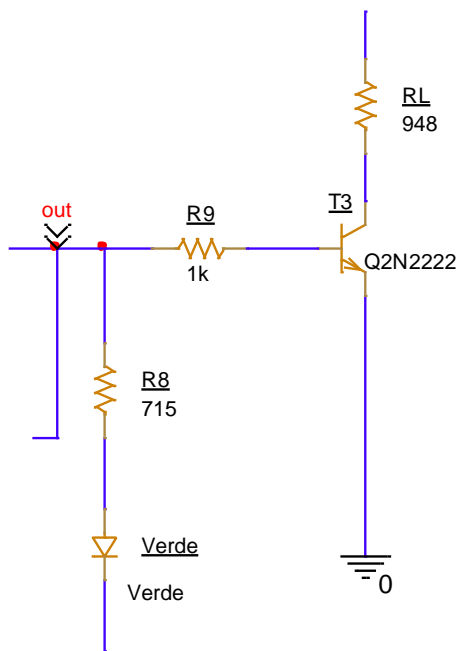
$$\frac{10.2}{16} = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{11}}$$

$$0.6375 = \frac{R_{12}}{R_{12} + R_{11}}$$

$$Aleg R_{12} = 637\Omega \Rightarrow R_{11} = 363\Omega$$

$$Valorile standardizate sunt: R_{12} = 642\Omega \Rightarrow R_{11} = 365\Omega$$

V. LED+RELEU



$$R_8 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 - 1.8}{20m} = 710\Omega \quad (17)$$

$R_9 = 1k\Omega \rightarrow$ rezistență de protecție

$R_L = 948\Omega$

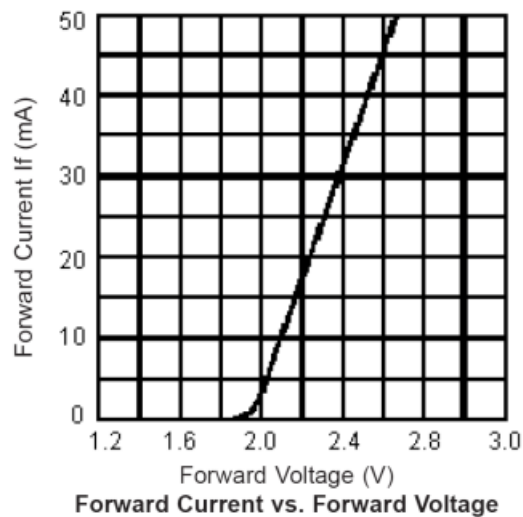


Figura 1. Variația curentului prin LED în funcție de tensiunea aplicată la intrare

Tabelul 1. Modelarea LED-ului în aplicația PSpice Model Editor conform graficului de variație

Nr. Crt.	Vfwd	Ifwd
1	1.2	0
2	1.4	0
3	1.6	0
4	1.9	0.0001
5	2	0.0045
6	2.2	0.018
7	2.4	0.032
8	2.6	0.045

4.2 Verificarea calculelor prin simulare

I.Oglinda de curent

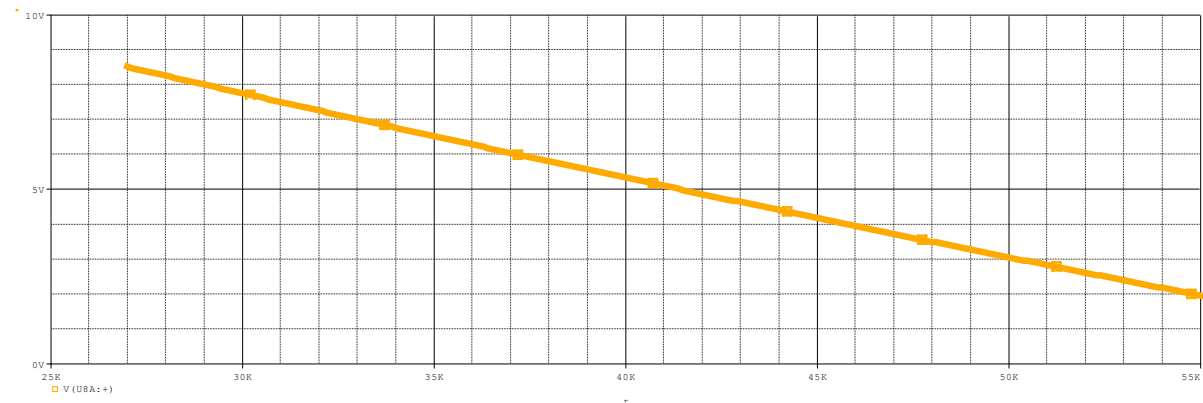
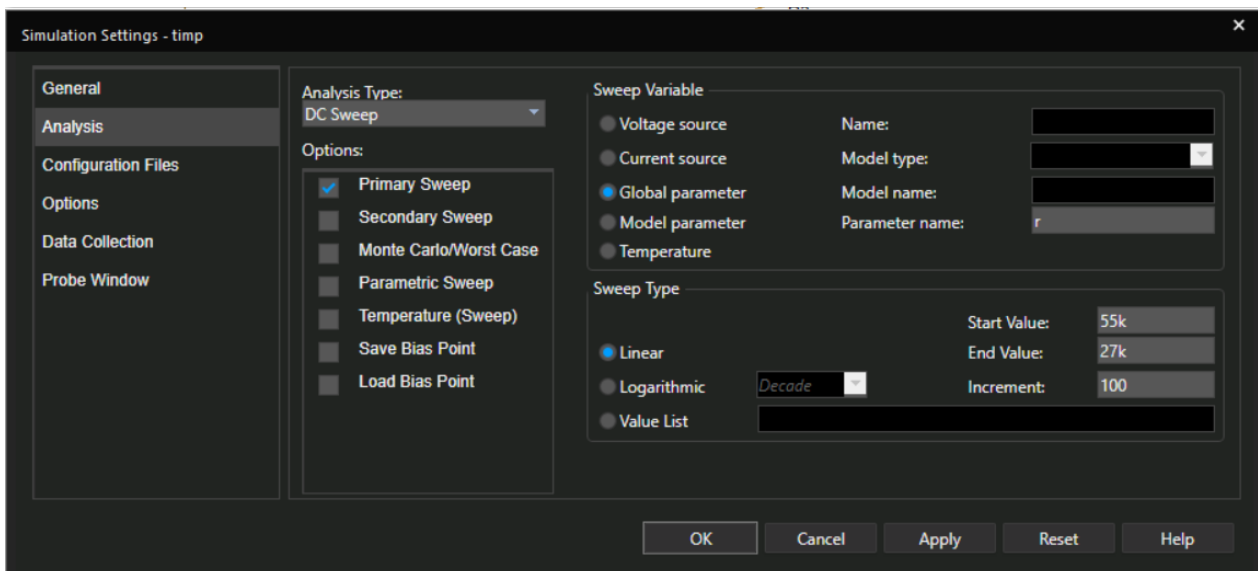


Figura 2. Variație liniară a tensiunii în funcție de parametrul global “r”

II.Repetor de tensiune

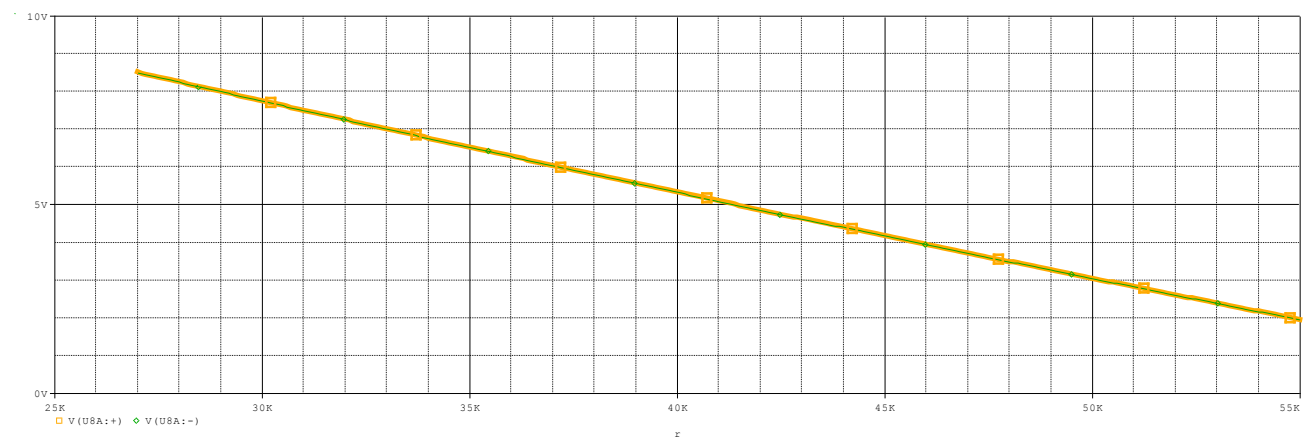
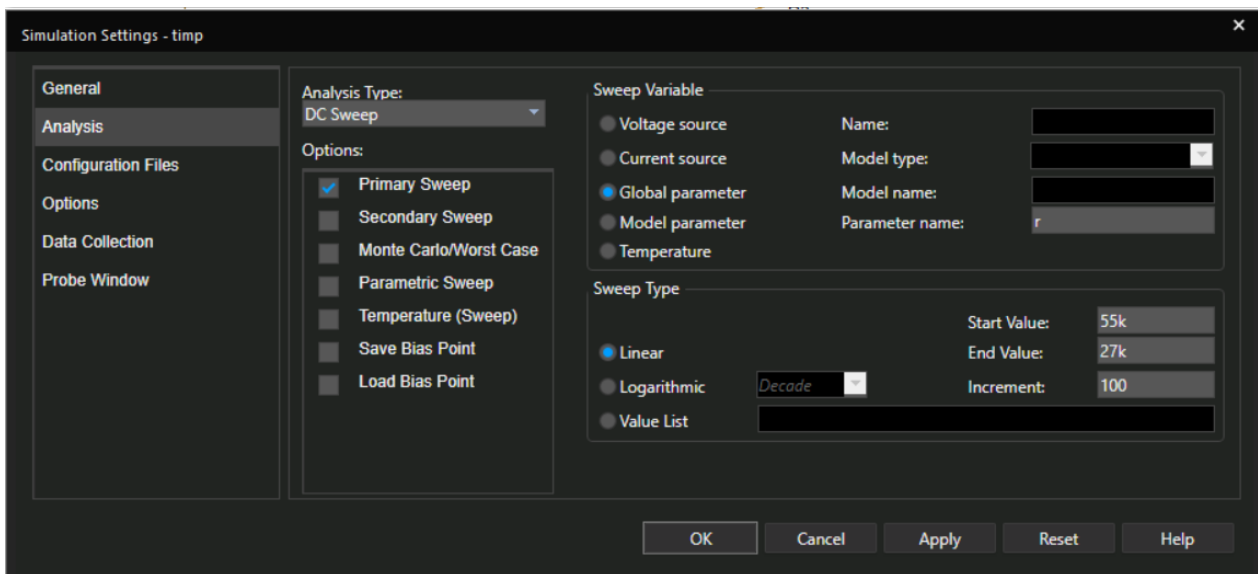


Figura 3. Variația tensiunii în funcție de un parametru

III. Amplificator operational diferențial

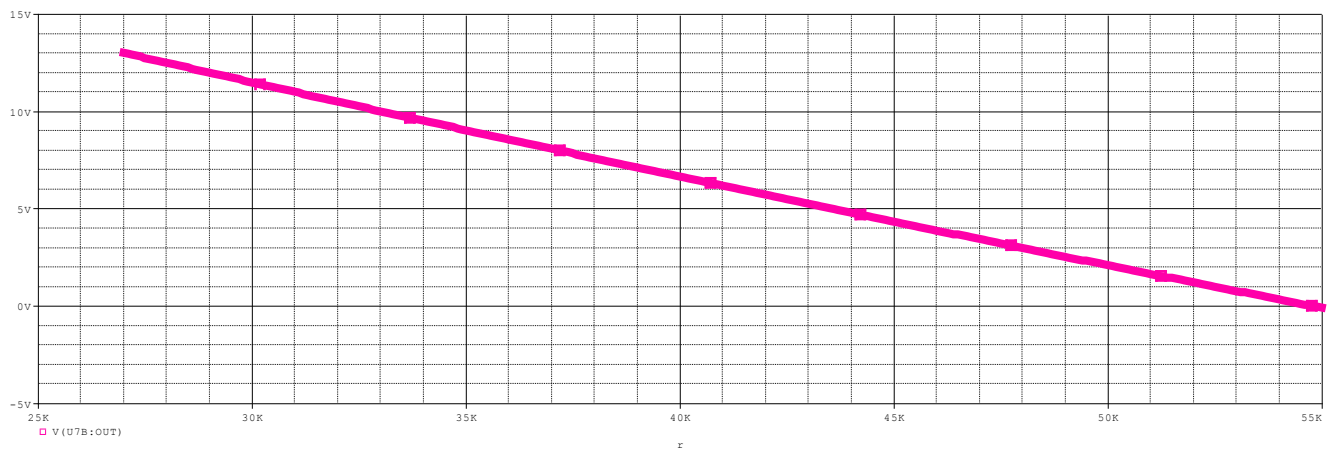
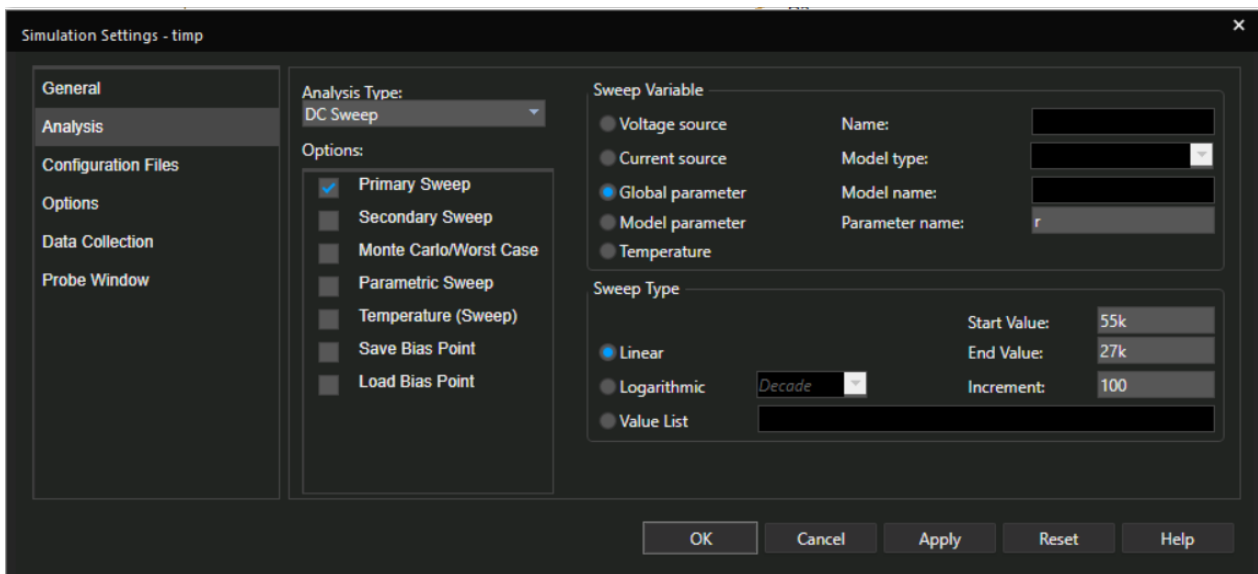


Figura 4. Variația tensiunii de ieșire, în funcție de același parametru “r”, între 0 și 14V.

Vref

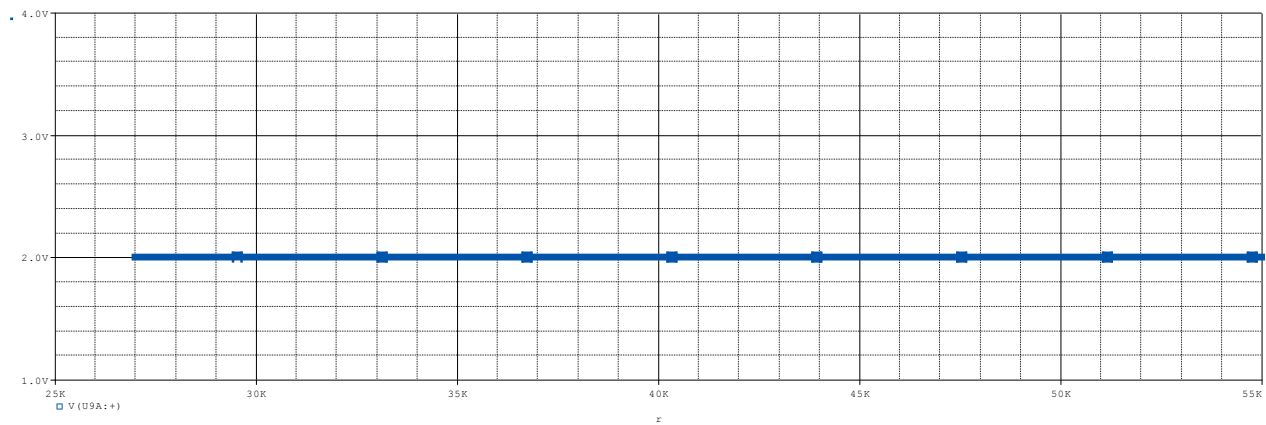
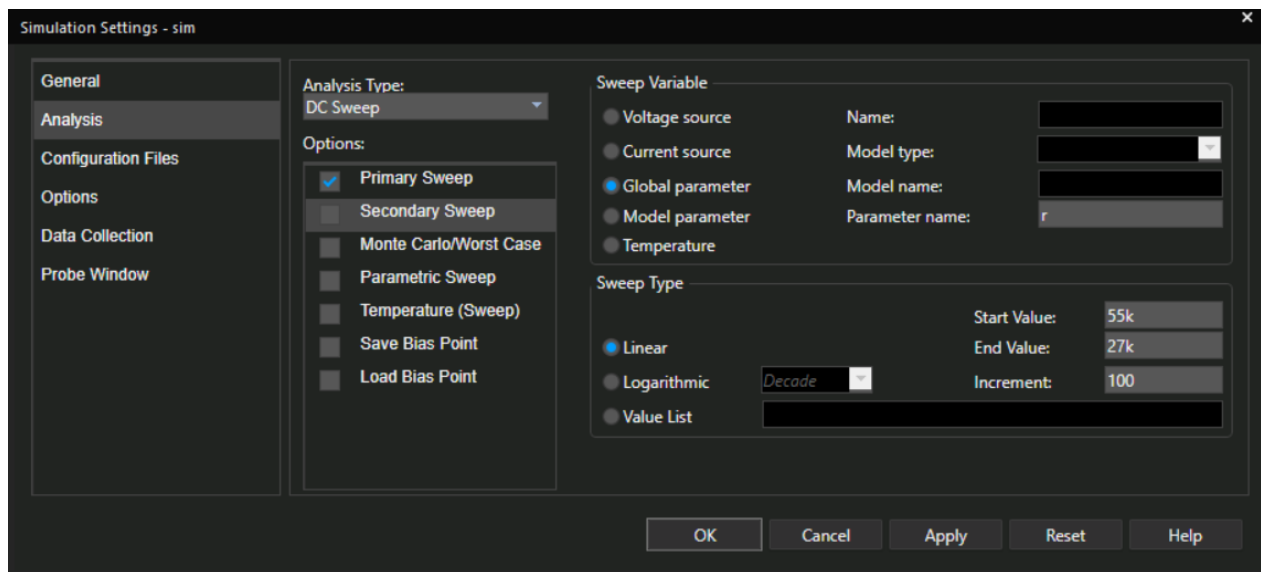


Figura 5. Tensiunea de la ieșirea divizorului de tensiune Vref

IV.Comparator inversor

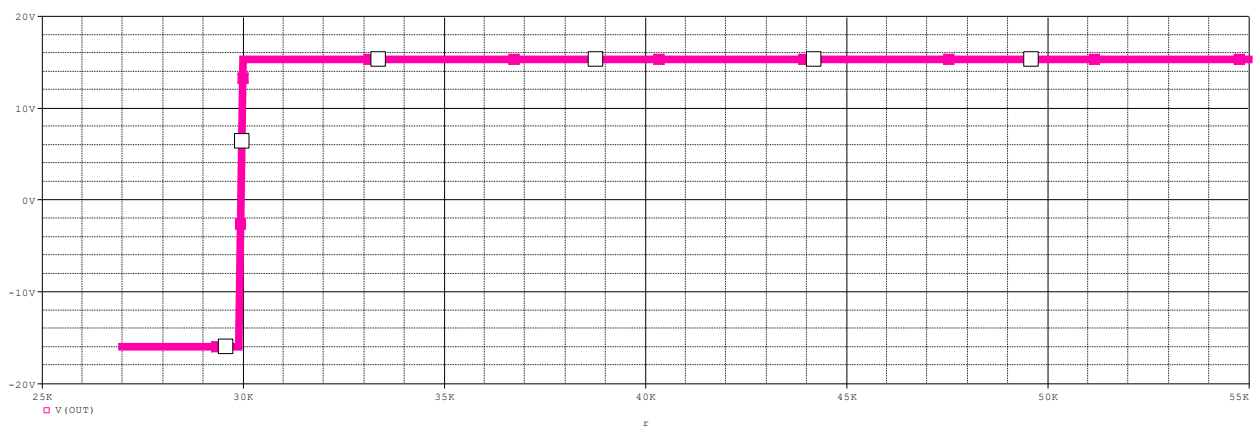
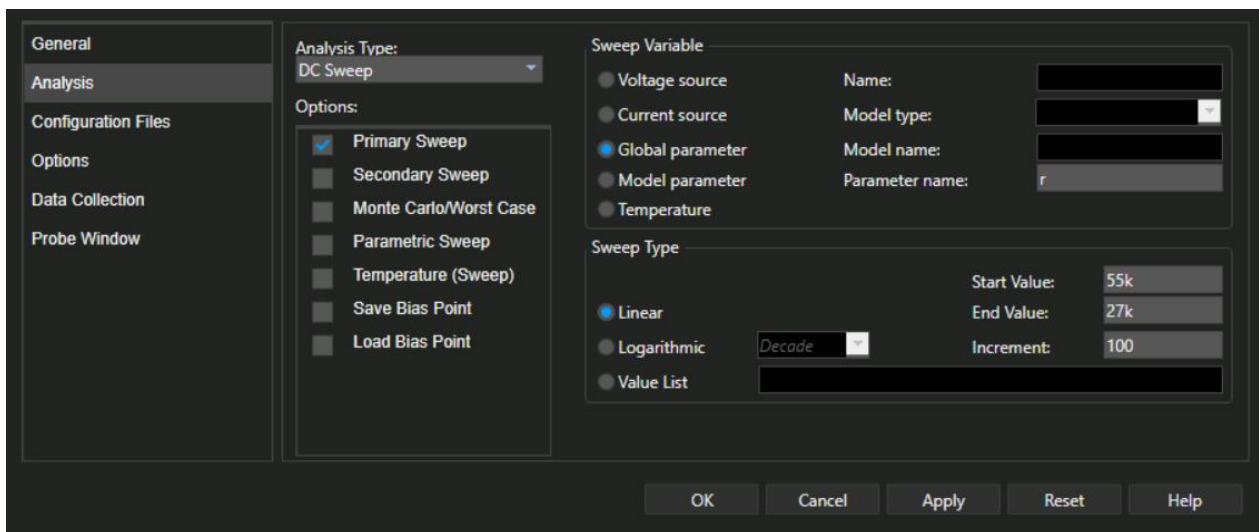
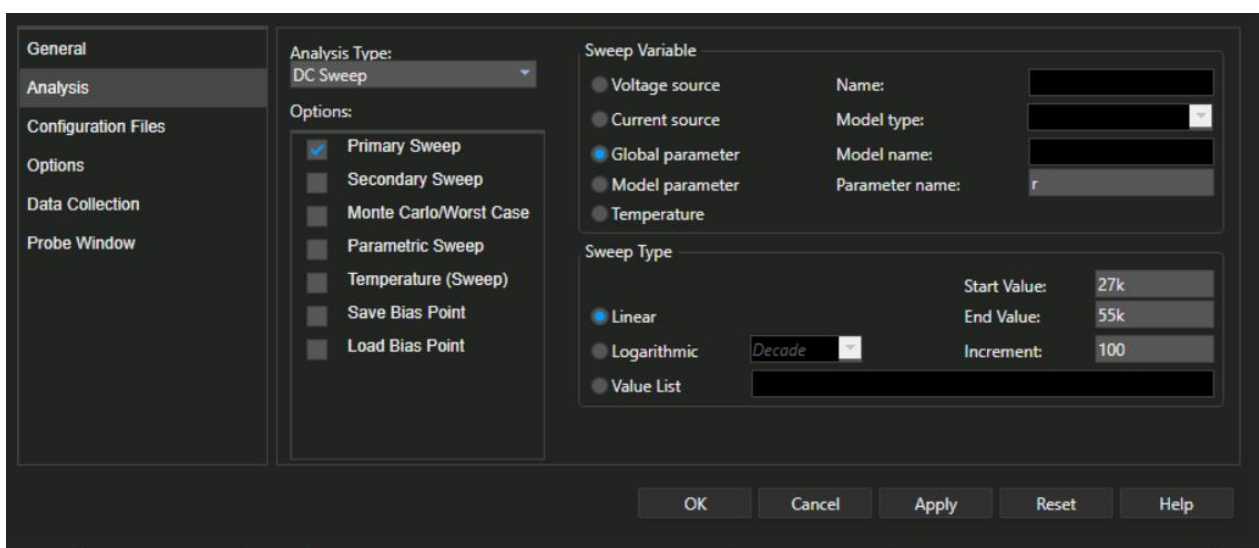


Figura 6. Bascularea de la -VCC la +VCC la valoarea rezistenței R_l



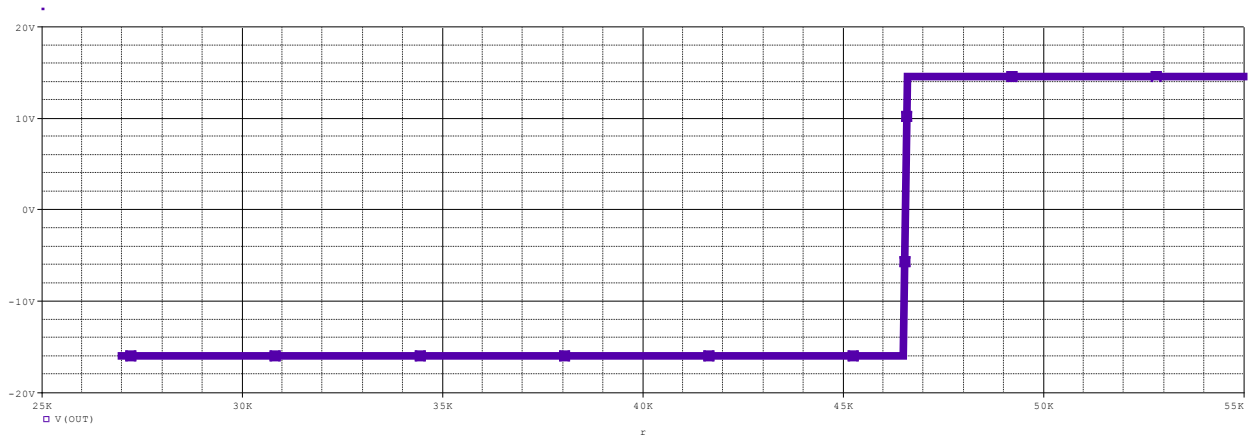


Figura 7. Bascularea de la $-VCC$ la $+VCC$ la valoarea rezistenței R_h

La ieșirea din comparator avem VCC sau $-VCC$. Comutarea are loc la valorile specificate la punctul 4.1.

VREF2

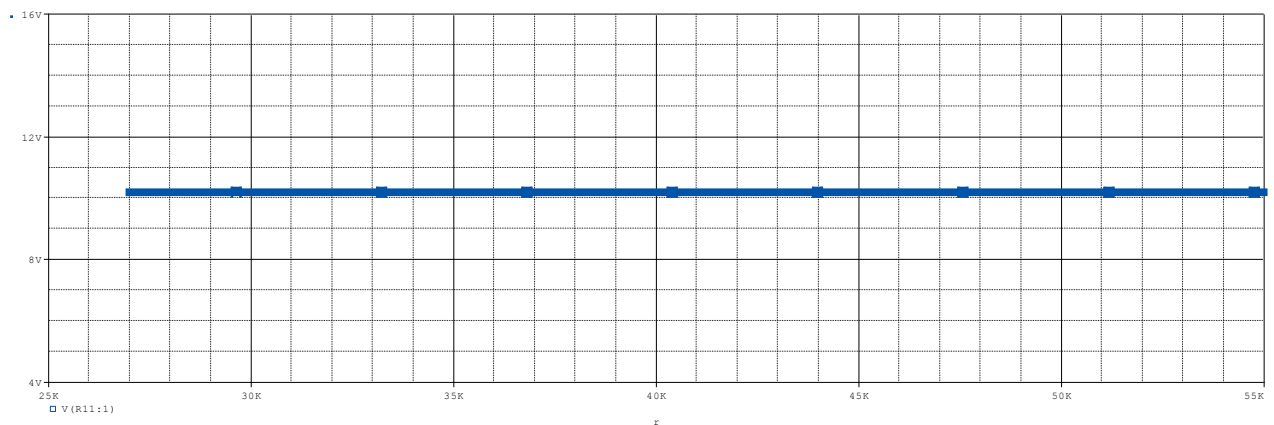
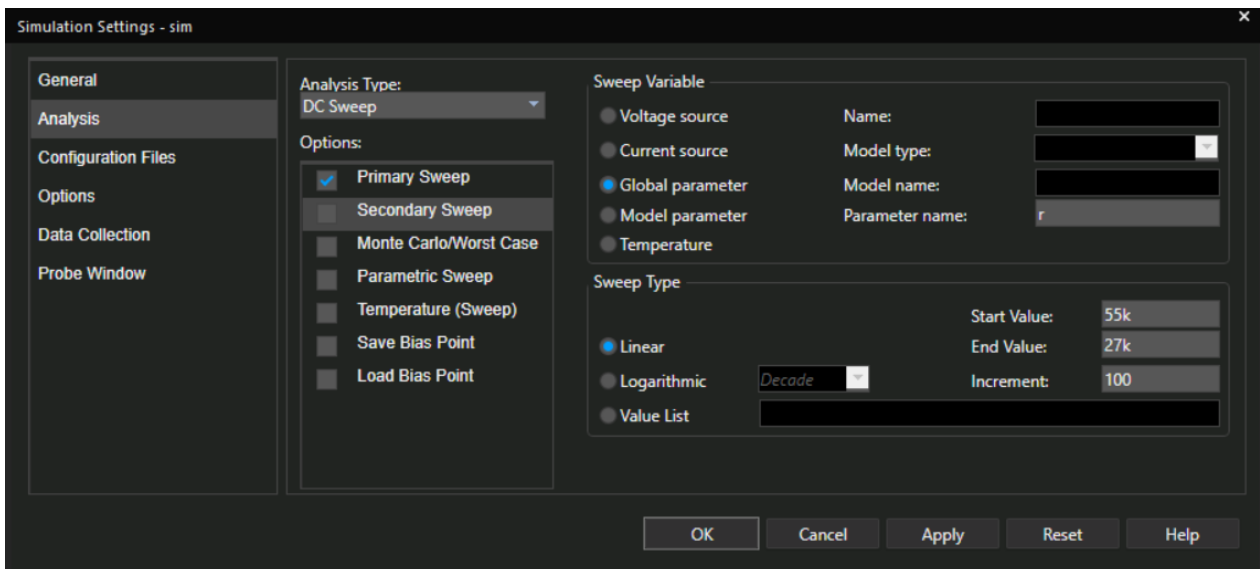


Figura 8. Tensiunea de ieșire a divizorului de tensiune V_{ref2}

V. LED

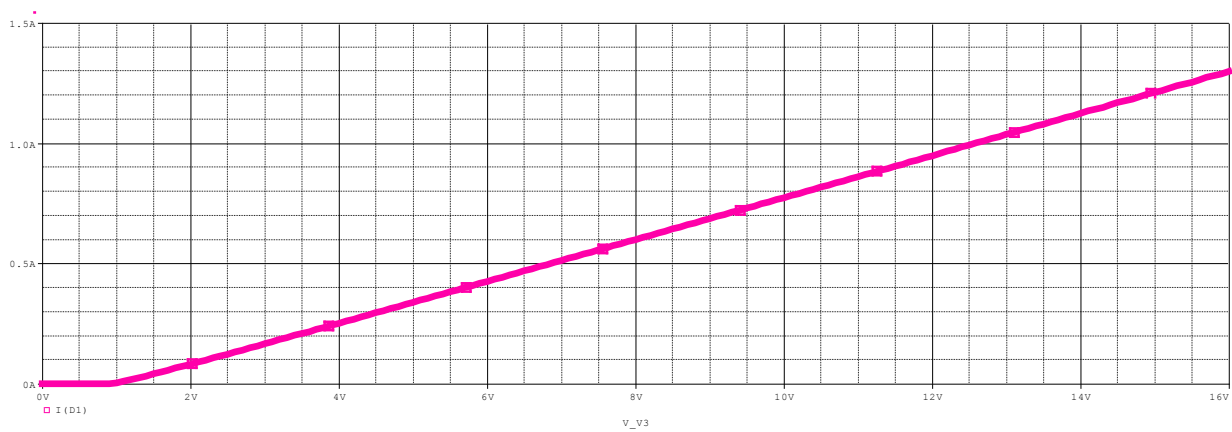
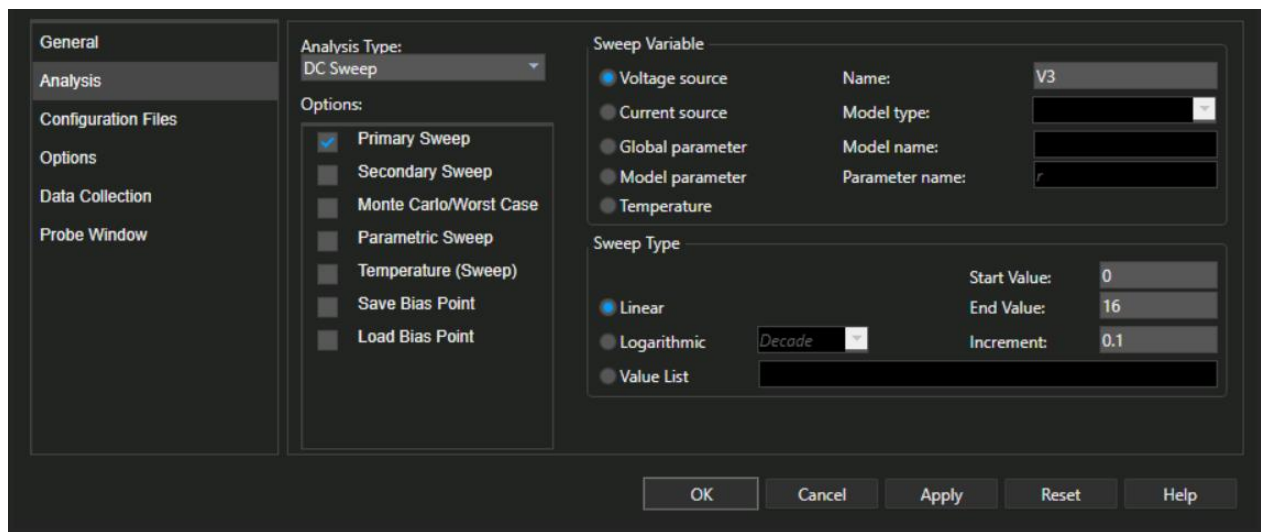
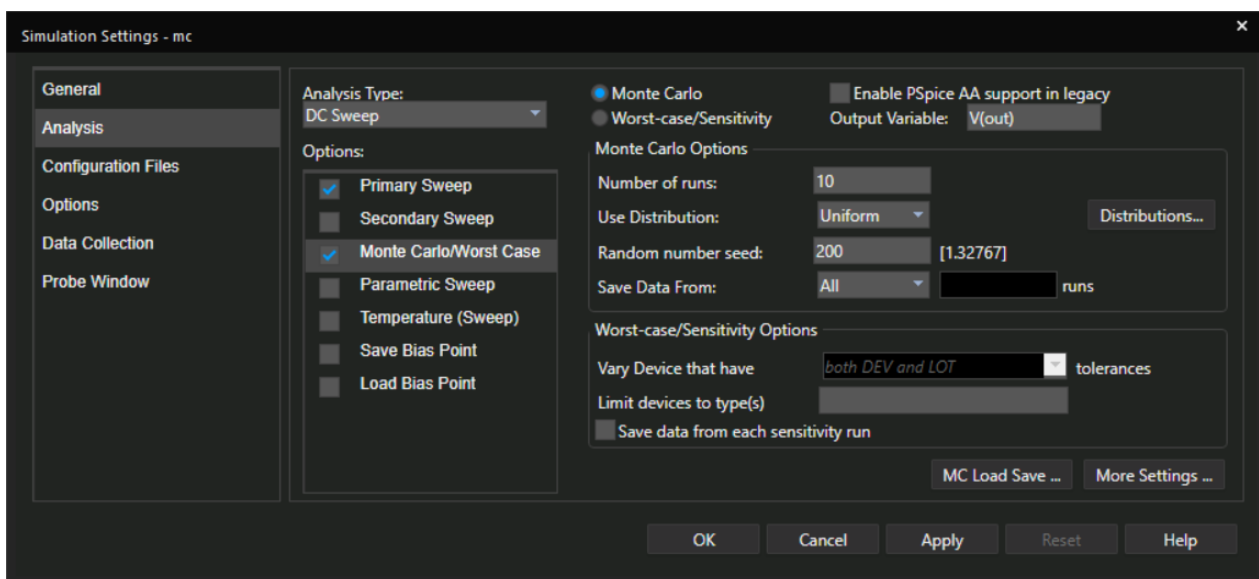
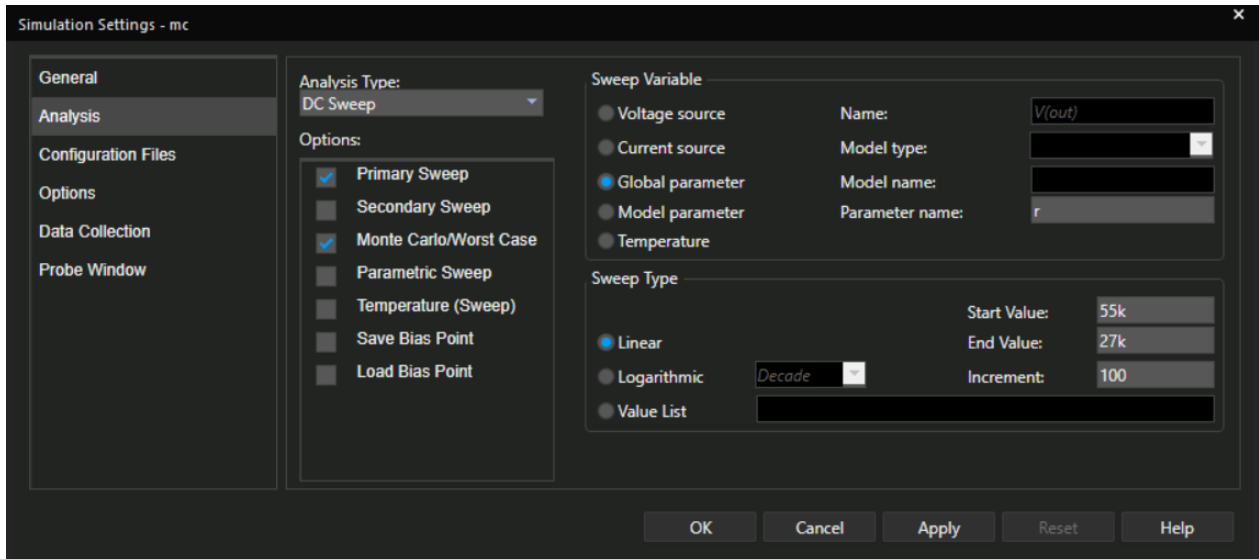


Figura 9. Variația curentului în funcție de tensiunea aplicată diodei.

5. Analize statistice

5.1 Analiza Monte Carlo în DC



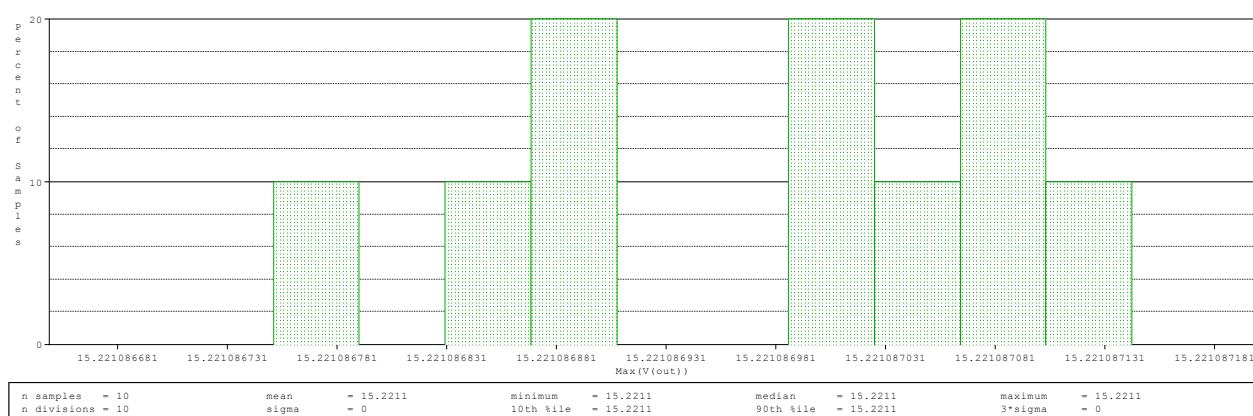
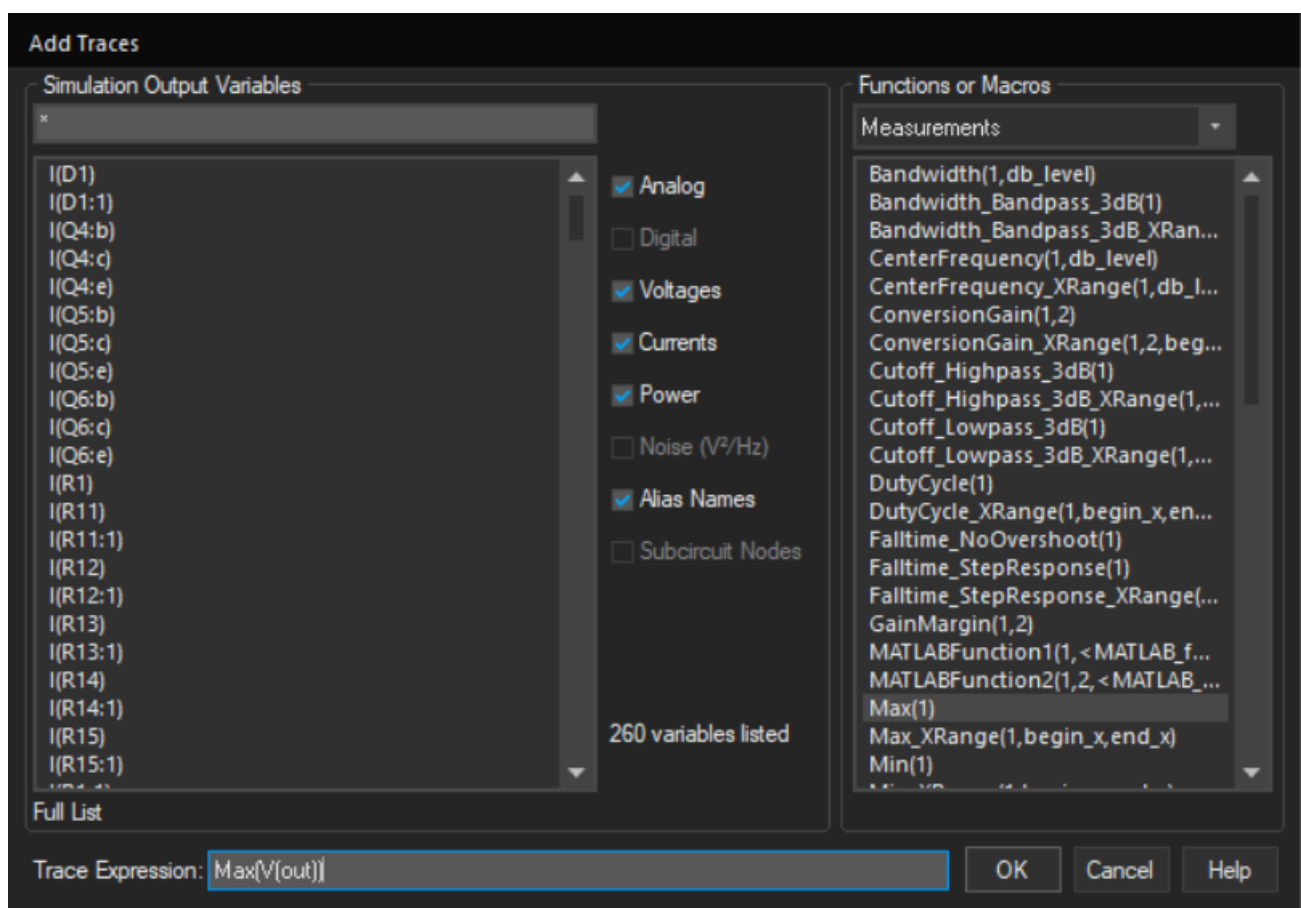
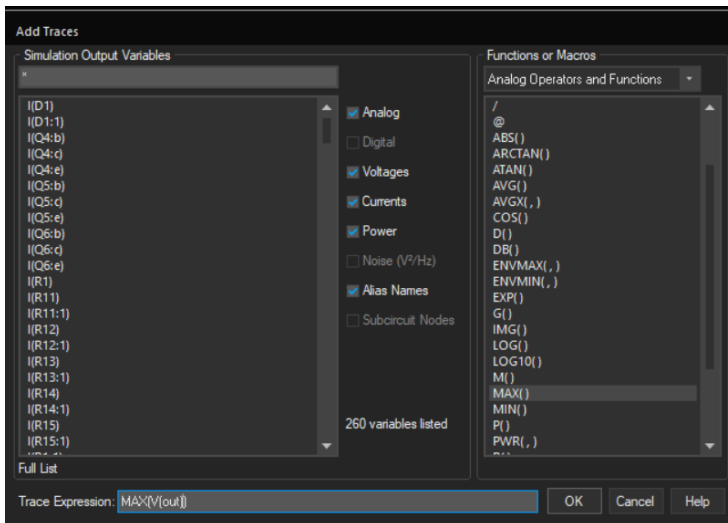
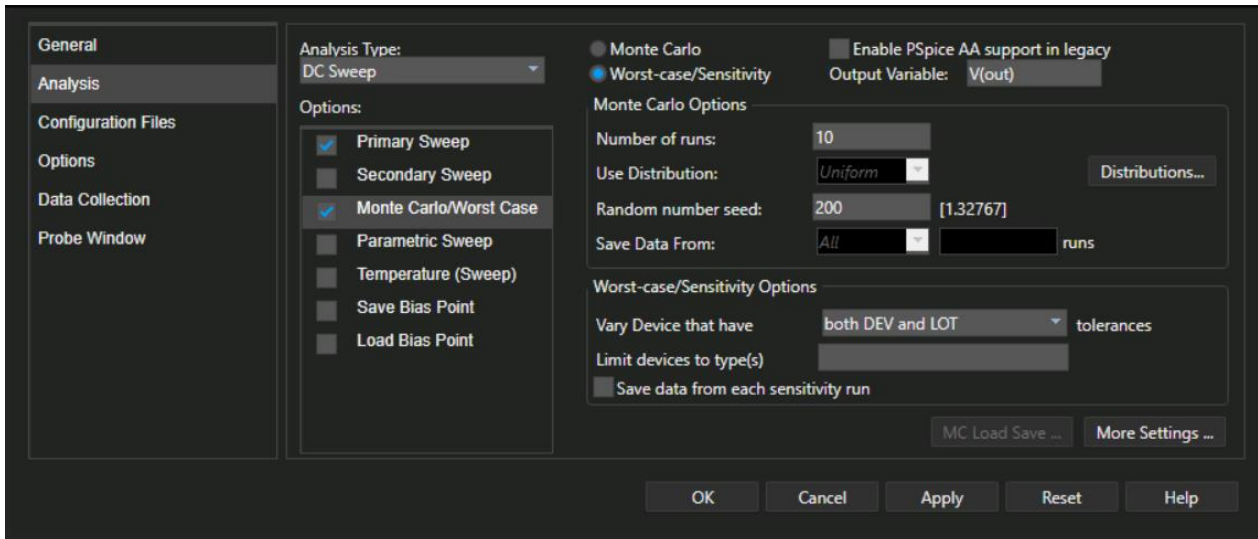
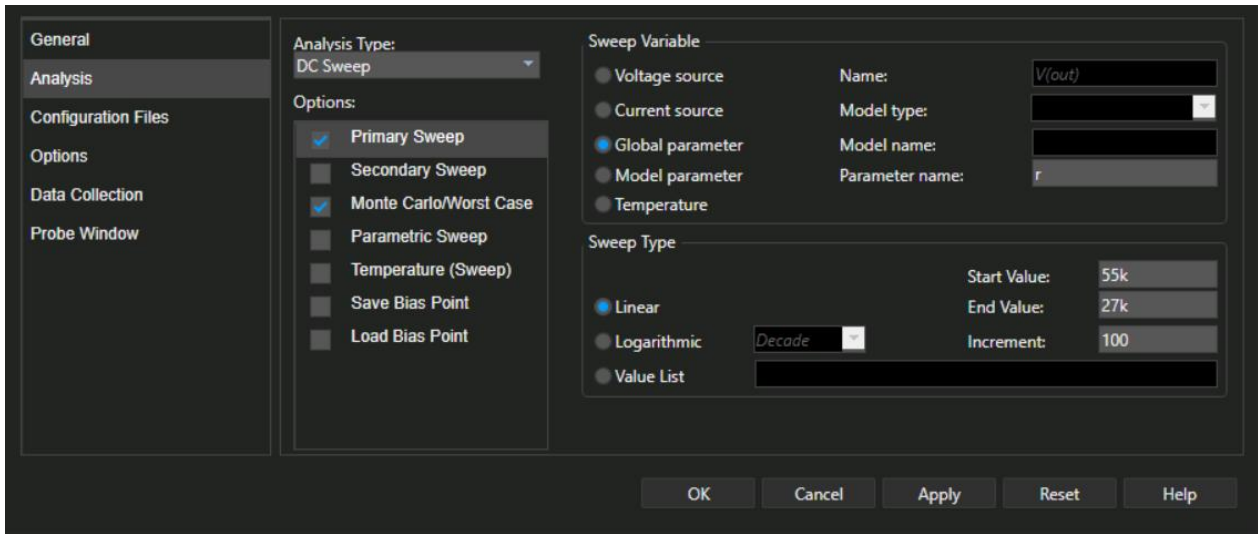


Figura 10. Analiza Monte Carlo

Această analiză ne oferă posibilitatea de a observa cum se comportă circuitul la variația valorilor componentelor sale.

5.2 Analiza Worst-Case în DC



```

**** 05/20/23 10:47:23 **** PSpice 22.1.0 (6 October 2022) **** ID# 0 ****

** Profile: "SCHEMATIC1-MC" [ C:\Users\amali\Desktop\CAD\proiect-pspicefiles\schematic1\mc.sim ]

**** SORTED DEVIATIONS OF V(OUT) TEMPERATURE = 27.000 DEG C

WORST CASE SUMMARY
*****

Mean Deviation = 30.49
Sigma          = 0

RUN          MAX DEVIATION FROM NOMINAL

WORST CASE ALL DEVICES
30.49 higher at r = 30.4000E+03
(-90.951% of Nominal)

JOB CONCLUDED

```

```

WORST CASE ALL DEVICES
*****

Device  MODEL  PARAMETER  NEW VALUE
R_R14   R_R14   R          1.01   (Increased)
R_R13   R_R13   R          .99    (Decreased)

+
**** 05/20/23 23:00:06 **** PSpice 22.1.0 (6 October 2022) **** ID# 0 ****

** Profile: "SCHEMATIC1-sim-MC" [ C:\Users\amali\Desktop\Proiect CAD\PROIECT-PSpiceFiles\SCHEMATIC1\sim-MC.sim ]

**** SORTED DEVIATIONS OF V(OUT) TEMPERATURE = 27.000 DEG C

WORST CASE SUMMARY
*****

```

Această analiză are ca scop verificarea funcționării circuitului pentru fiecare valoare a componentelor. Am observat că în cel mai defavorabil caz, există o deviație de 90.951 % față de valoarea nominală a componentelor.

5.Bibliografie

[1] PROIECTARE ASISTATĂ DE CALCULATOR – „Aplicații” editura U.T.PRESS, Ovidiu Pop, Raul Fizesan, Gabriel Chindris

[5] <http://www.el-component.com/standard-resistor-values-e192>

[5] <https://www.tme.eu/ro/details/asfm0162s/relee-electromagnetice-miniatura/panasonic/>

[5] <https://www.farnell.com/datasheets/1671521.pdf>

[5] <http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/>

[5] https://www.tme.eu/ro/?gclid=CjwKCAjw36GjBhAkEiwAKwIWyaWbe5c9_bXZr2-7HwPTtjmYMLzK0ya3mrSOB8QWDps_7TPrwNki6xoCIoQQAvD_BwE