

# TEHNICI CAD

# PROIECT

**Studentă: Fetti Oana-Maria**

**Grupă: 2125**

**Prof. Dr.Ing: Ovidiu Pop**

**Prof laborator Ing: Adelina Ilieș**

## CUPRINS

1. Specificații de proiectare.....	3
2 Schema bloc a circuitului.....	4
3. Circuitul electric.....	4
3.1. Senzor.....	4
3.1.1. Oglindă de curent.....	4
3.1.2 Repetor de tensiune.....	5
3.2. Conversie de domeniu.....	6
3.2.1. Amplificator diferential.....	6
3.2.2. Divizor de tensiune.....	7
3.3 Comparator.....	8
3.3.1. Pragurile.....	8
3.3.2. Comparator.....	9
3.3.3. Divizor de tensiune.....	10
3.4. Releu și Led.....	11
4. Simulare.....	13
4.1 Simulare pentru oglindă de curent.....	13
4.2 Simulare convertor.....	14
4.3 Simularea comparatorului.....	15
4.4 Simularea LED-ului.....	17
4.5 Analiza Monte Carlo.....	19

## 1. Specificații de proiectare

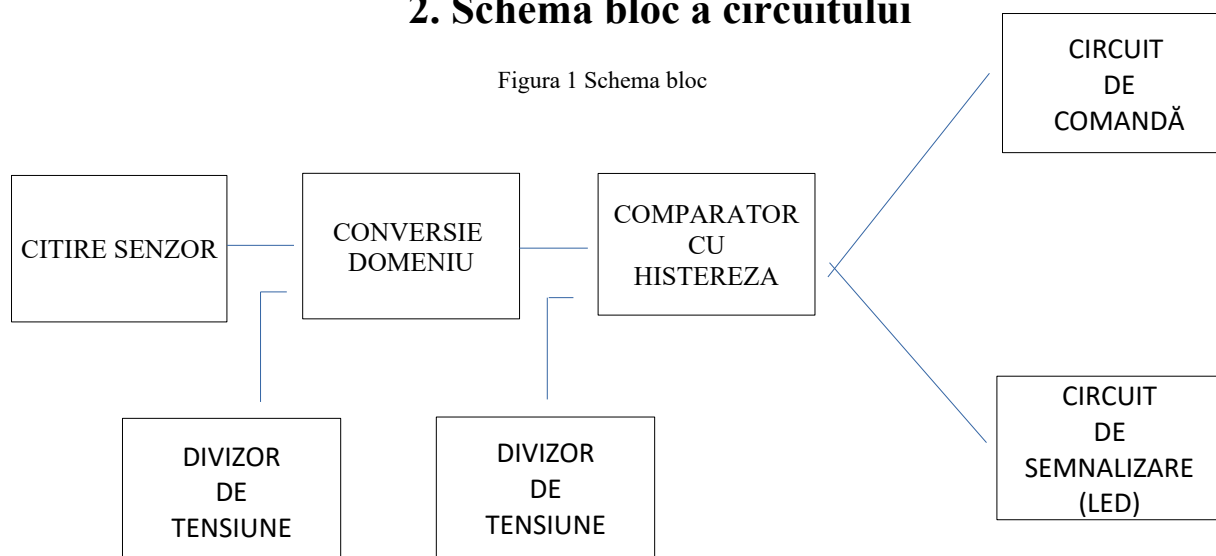
Să se proiecteze un sistem de irigare care utilizează senzori rezistivi de umiditate pentru a menține un anumit nivel al umidității relative a solului pentru o plantă (limitele nivelului de umiditate sunt specificate în coloana E). În momentul în care nivelul de umiditate al solului a ajuns la limita inferioară (din coloana E), sistemul va porni irigarea plantei. Când nivelul de umiditate ajunge la limita superioară (din coloana E) sistemul va da comanda de oprire a irigării plantei. Din foaia de catalog a senzorului se știe că la o variație a nivelului de umiditate menționat în coloana F, rezistența electrică a senzorului variază liniar în domeniul specificat în coloana G. Variația rezistenței electrice a senzorului trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul  $[2 \div (V_{cc} - 2V)]$ .  $V_{cc}$  este specificat în coloana H. Pompa de irigare este comandată de un comparator cu histereză prin intermediul unui releu care este modelat cu un rezistor. Starea pompei (pornită/oprită) este semnalizată de un LED de culoare specificată în coloana I.

Tabelul 1 Specificații

E	F	G	H	I
Nivel de umiditate de menținut [%]	Interval maxim de umiditate [%]	Rezistența senzorului [ $\Omega$ ]	$V_{cc}$ [V]	Culoare LED
30 - 50	20 - 95	300k - 100k	16	VERDE

## 2. Schema bloc a circuitului

Figura 1 Schema bloc



## 3. Circuitul electric

### 3.1. Senzor

#### 3.1.1. Oglindă de curent

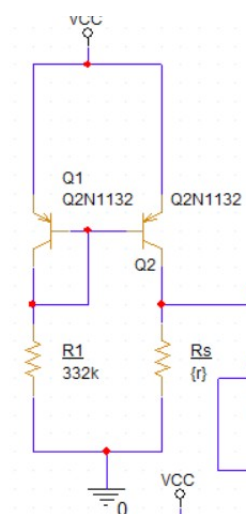


Figura 2 Oglindă de curent

O oglindă de curent este un circuit electronic care asigură un curent constant, independent de variațiile de tensiune sau de sarcină reprezentată în Figura 2. Oglinda de curent este utilă pentru senzorii de umiditate deoarece menține exactitatea măsurărilor. Prin urmare am utilizat două tranzistoare Q2N1132 care "oglesc" curentul dintr-un braț în altul, menținând astfel curentul constant.

Curentul maxim din oglinda de curent se calculează astfel folosind formula(1)

Pentru dimensionarea circuitului am realizat următoarele calcule:

Valorile date:

$$V_{CC}=16V$$

$$R_{max}=300k\Omega$$

$$I_{max} = \frac{V_{CC} - 2}{R_{sMax}} \quad (1)$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{max}} = \frac{16 - 0.6}{46 \mu} = 332 k\Omega \quad \text{Rezistența } R_1 \quad (2)$$

$$V_{sMax} = R_{sMax} \cdot I_{Max} = 300 k \cdot 46 \mu = 13,8 V \quad \text{Variația de tensiune} \quad (3)$$

$$V_{sMin} = R_{sMin} \cdot I_{Max} = 100 k \cdot 46 \mu = 4,6 V \quad (4)$$

Astfel am obținut:

$R_1=332k\Omega$  pe care l-am modificat în funcție de toleranța 1% din tabelul valorilor E96.

$$I_{Max} = 46 \mu A \quad (5)$$

$$V_{sMax} = 13,8 V \quad (6)$$

$$V_{sMin} = 4,6 V \quad (7)$$

### 3.1.2 Repetor de tensiune

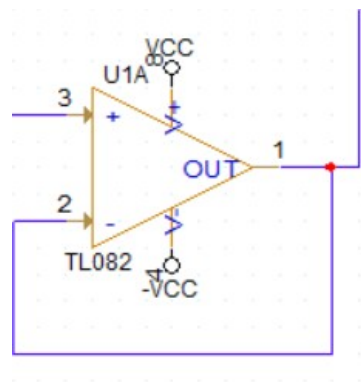


Figura 3 Repetor de tensiune

Un repetor de tensiune se folosește pentru a izola părțile unui circuit. Acesta copiază semnalul de intrare la ieșire fără să-i schimbe amplitudinea, prevenind supraîncărcarea sursei de semnal și asigurând un transfer eficient al semnalului. Am folosit un repetor de tensiune deoarece este important pentru un senzor de umiditate deoarece ajută la menținerea integrității semnalului măsurat de senzor.

## 3.2. Conversie de domeniu

### 3.2.1. Amplificator diferențial

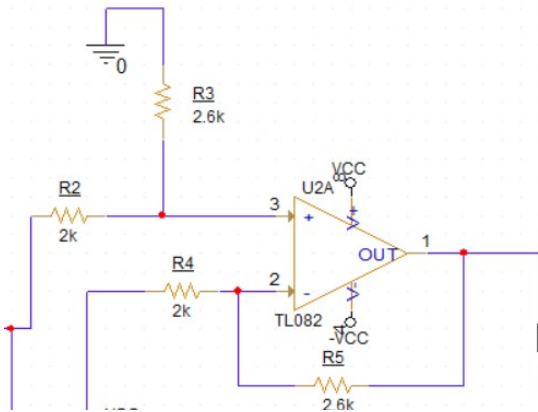


Figura 4 Amplificator diferențial

Vom folosi un amplificator diferențial pentru a transforma domeniul de tensiune de la ieșirea oglinzii de curent (4,6V;13,8V) în domeniul (2V;14V).

Pentru amplificatorul diferențial folosim pasivizarea fiecărei surse rezultată.

$$V_0 = V_{01} + V_{02} = \frac{R_5}{R_4 + R_5} \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) V_5 - \frac{R_3}{R_2} V_{ref1} \quad (8)$$

$$V_0 = \frac{R_5(R_2 + R_3)}{R_2(R_4 + R_5)} V_5 \quad (9)$$

$$R_2 = R_4$$

$$R_3 = R_5 \quad \Rightarrow \quad V_0 = \frac{R_3}{R_2} (V_{sn} - V_{ref1}) \quad (10)$$

Pentru  $V_{0min}$  avem:

$$2 = \frac{R_3}{R_2} (V_s - V_{ref1}) \quad (11)$$

Pentru  $V_{0max}$  avem:

$$12 = \frac{R_3}{R_2} (4,6 - V_{ref1}) \quad (12)$$

$$14 = \frac{R_3}{R_2} (13,8 - V_{ref1}) \quad (13)$$

$$12 = 9,2 \frac{R_3}{R_2} \quad (14)$$

Rescriem ultima formulă

$$9,2 \frac{R_3}{R_2} = 12 \quad (15)$$

$$\text{De aici rezultă: } R_3 = 1,3 R_2 \quad (16)$$

$$\text{Alegem rezistența } R_2 = 2k \Rightarrow R_3 = 1,3k \cdot 2k = 2,6k\Omega \quad (17)$$

Calculăm  $V_{ref1}$  din prima relație:

$$2 = \frac{2,6}{2} (4,6 - V_{ref1}) \quad (18)$$

$$\Rightarrow 2 = 5,98 - 1,3 V_{ref1} \Rightarrow 3,98 = 1,3 V_{ref1} \Rightarrow V_{ref1} = 3V \quad (19)$$

### 3.2.2. Divizor de tensiune

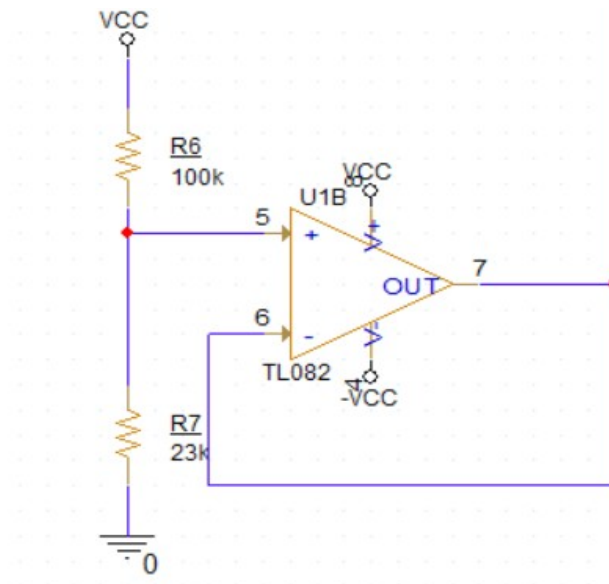


Figura 5 Divizor de tensiune

În figura am proiectat un divizor de tensiune pentru implementarea  $V_{ref1}$  în amplificator. Divizorul este urmat de un repetor de tensiune pentru a păstra liniaritatea tensiunii. Din formula divizorului de tensiune am calculat rezistențele  $R_6$  și  $R_7$ .

$$V_{ref1} = \frac{R_7}{R_6 + R_7} V_{CC} \quad (20)$$

$$3 = \frac{R_7}{R_6 + R_7} 16 \Rightarrow \frac{R_7}{R_6 + R_7} = \frac{3}{16} \Rightarrow R_7 = 0,23 R_6 \quad (21)$$

Aleg rezistența  $R_6 = 100k \Rightarrow R_7 = 23k$

### 3.3 Comparator

#### 3.3.1. Pragurile

Pentru a afla pragurile  $V_{ph}$  și  $V_{pl}$  ale comparatorului utilizat am folosit schema din figura 6.

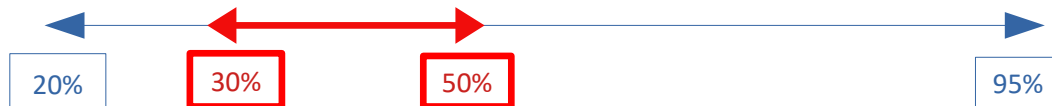


Figura 6

Intervalul maxim de umiditate [20;95] se încadrează în domeniul de tensiune [2;14], pentru care trebuie să menținem [30%;50%].

Din schemă obținem:

95%.....14V

20%.....2V

Scădem relațiile și obținem:

75%.....12V

30%.....x

$$x = \frac{30 \cdot 12}{75} = 4,8 + 2 = 6,8 = V_{pl} \quad (22)$$

75%.....12V

50%.....y

$$y = \frac{50 \cdot 12}{75} = 8 + 2 = 10 \text{ V} = V_{ph} \quad (23)$$

Astfel am determinat  $V_{pl}=6,8\text{V}$  și  $V_{ph}=10\text{V}$ .



### 3.3.2. Comparator

Am folosit un comparator neinversor pentru pompă, reprezentat în figura 7.

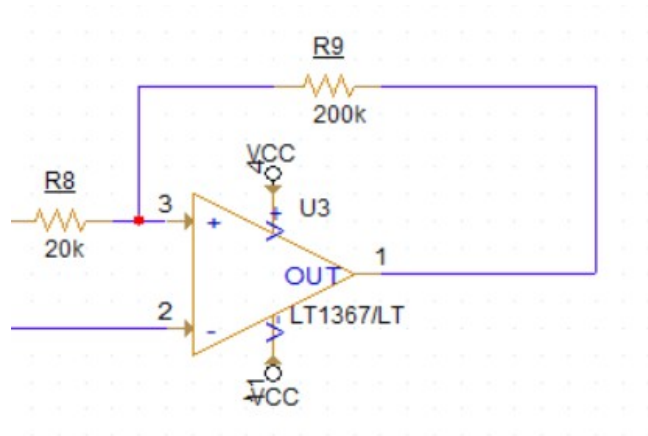


Figura 7

Pentru a dimensiona componentele am utilizat formulele specifice:

$$V_{ph} = \frac{+R_1}{R_2} V_{cc} + \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref2} \quad (24)$$

$$V_{pl} = \frac{-R_1}{R_2} V_{cc} + \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref2} \quad (25)$$

Scăzând relațiile vom avea

$$3,2 = 2 \frac{R_8}{R_9} V_{cc} \quad \text{împărțim la 2 și va rezulta:} \quad (26)$$

$$\Rightarrow 1,6 = \frac{R_8}{R_9} 16 \Rightarrow \frac{R_8}{R_9} = 0,1 \Rightarrow R_8 = 0,1 R_9 \quad (27)$$

$$\text{Aleg } R_9 = 200k\Omega \Rightarrow R_8 = 20k\Omega$$

Adunăm relațiile:

$$\Rightarrow 16,8 = 2 \left(1 + \frac{R_8}{R_9}\right) V_{ref2} \quad \text{împărțim la 2 și va rezulta:} \quad (28)$$

$$8,4 = (1 + 0,1) V_{ref2} \Rightarrow 8,4 = 1,1 V_{ref2} \quad (29)$$

Prin urmare aflăm  $V_{ref2} = 7,63V$

### 3.3.3. Divizor de tensiune

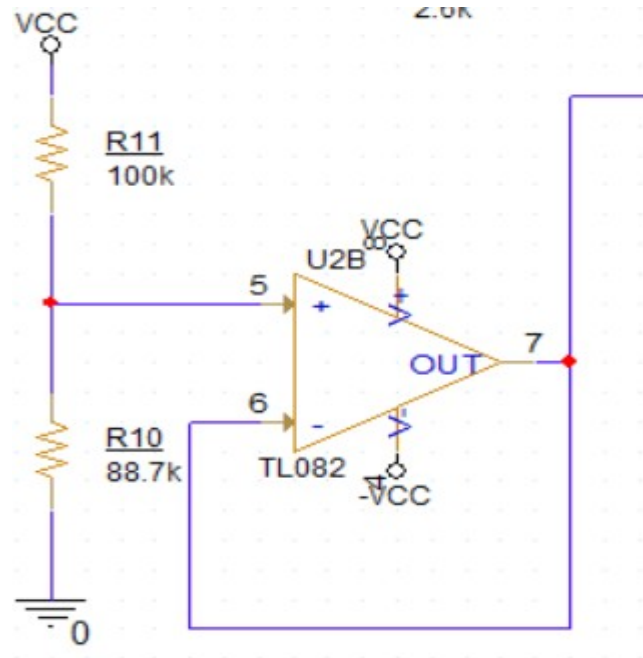


Figura 8

$$V_{ref2} = \frac{R_{11}}{R_{10} + R_{11}} V_{CC} \quad (30)$$

De aici am obținut raportul:

$$\frac{R_{11}}{R_{10}} = 0,88 \quad (31)$$

Aleg  $R_{10} = 100k\Omega \Rightarrow R_{11} = 88k\Omega = 88,7k\Omega$

### 3.4. Releu si Led

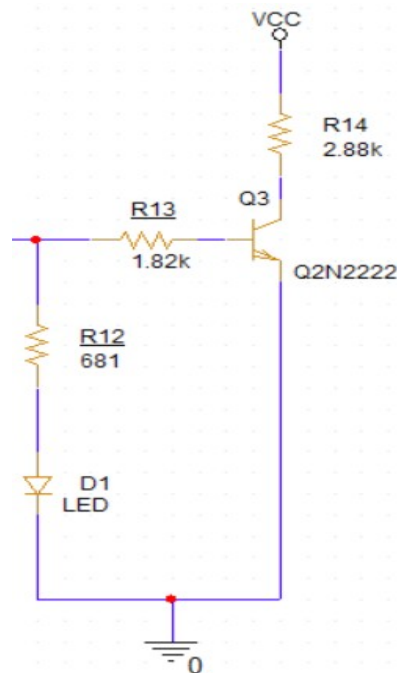


Figura 9

Pentru semnalizarea circuitului folosesc un led verde si un releu de tip G6D-1A-ASI-24DC cu rezistență prin bobină  $R_{14}=2,88k\Omega$  și  $I_l=8,3mA$ . De asemenea, în favoarea calculelor am utilizat un data sheet pentru led, atașat în figura 10. Din acesta am extras specificațiile următoare:

$V_d=2,1V$  și  $I_d=20mA$



**Specifications:**

Dice material	: GaAsP on GaP/GaP
Emitted colour	: Yellow / Green
Lens colour	: White Diffused
Peak wavelength	: 587/568nm
Viewing angle	: 45°
Luminous intensity (IV)	: 15/14mcd

**Absolute Maximum Ratings ( $T_a = 25^\circ C$ )**

Reverse Voltage	5V
Reverse Current	10 $\mu A$ ( $V_R = 5V$ )
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-40°C to +100°C
Lead Soldering Temperature Range 1.6mm (1/16 inch) from body	260°C for 5 Seconds

**Electrical/Optical Characteristics at  $T_a = 25^\circ C$**

Parameter	Symbol	Minimum	Typical	Maximum	Unit	Test
Luminous Intensity	IV	7/7	15/14	23/22	mcd	IF = 20mA
Viewing Angle	2 $\theta$ 1/2	-	45	-	degrees	
Peak Emission Wavelength	$\lambda_P$	-	587/568	-	nm	-
Dominant Wavelength	$\lambda_D$	-	590/570	-		-
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$	-	35/30	-		-
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	1.7/1.7	2.1/2.1	2.6/2.6	V	IF = 20mA
Power Dissipation	P <sub>d</sub>	-	-	85	-	
Peak Forward Current (Duty 1/10 at 1kHz)	IF (Peak)	-	-	100	-	-
Recommended Operating Current	IF (Rec)	-	20	-	mA	-

Figura 10

Pentru dimensionarea secvenței de circuit am folosit formulele:

$$R_{13} = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I_l} = \frac{16 - 0,6}{8,3 \cdot 10^{-3}} \quad (32)$$

$$\Rightarrow R_{13} = \frac{15,4}{8,3} 10^3 = 1,85 \text{ k}\Omega \quad (33)$$

$$R_{12} = \frac{V_{cc} - V_d}{I_d} \quad \leftarrow \quad \text{Am calculat rezistența R12} \quad (34)$$

$$R_{12} = \frac{16 - 2,1}{20 \cdot 10^{-3}} = \frac{13,9}{20} 10^3 = 0,69 \text{ k}\Omega \quad \Rightarrow R_{12} = 690\Omega \quad (35)$$

Deoarece am folosit toleranța de 1% a rezistențelor de tip E96 am ales ca formă finală următoarele valori:

$$R_{13} = 1,82 \text{ k}\Omega \quad R_{12} = 681\Omega$$

Acest ansamblu funcționează în funcție de ieșirea comparatorului și de pragurile acestuia. Astfel, atunci când umiditatea se află în afara intervalului de menținere, în afara pragurilor, ledul se va aprinde și va semnaliza pornirea pompei. Pompa funcționează cu ajutorul tranzistorului utilizat, care se blochează când se atinge pragul de jos, iar pompa se deschide.

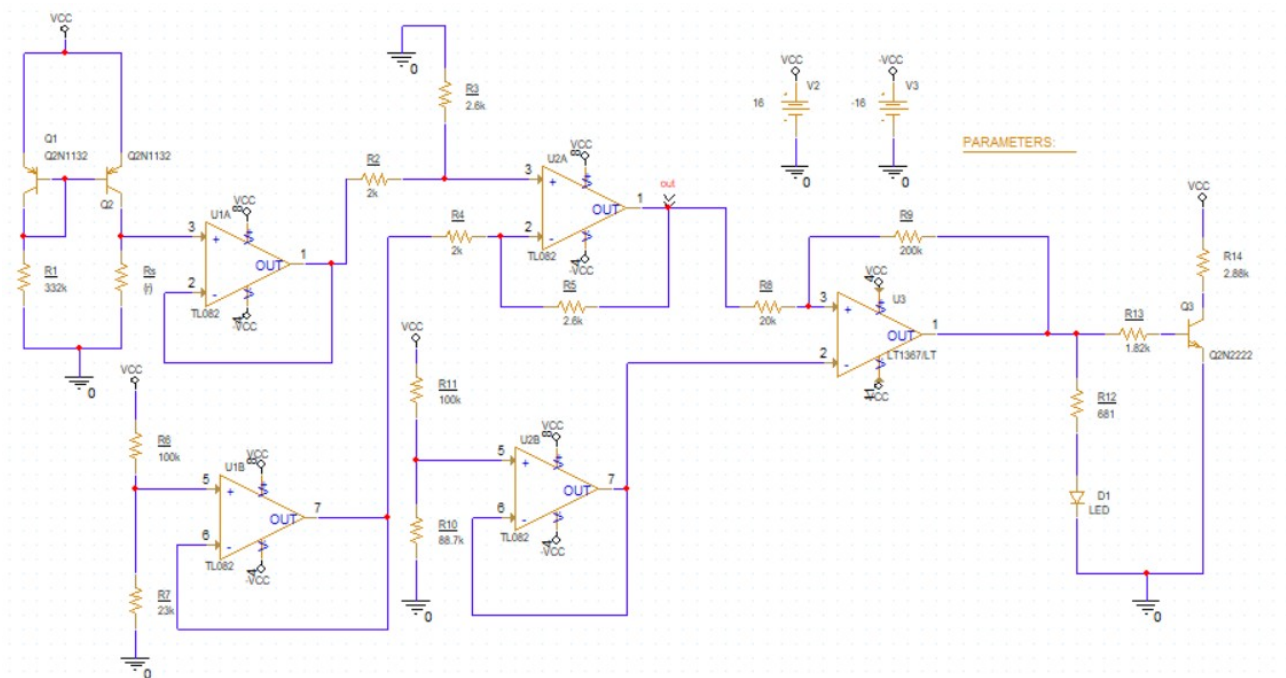


Figura 11

## 4. Simulare

### 4.1 Simulare pentru oglindă de curent

Am realizat o simulare de tip DC Sweep (Figura 12) pentru a confirma ca rezultatele calculelor sunt corecte. După cum se vede în figura 13 domeniul de rezistență variază între 100k și 300k precum în cerința de proiectare.

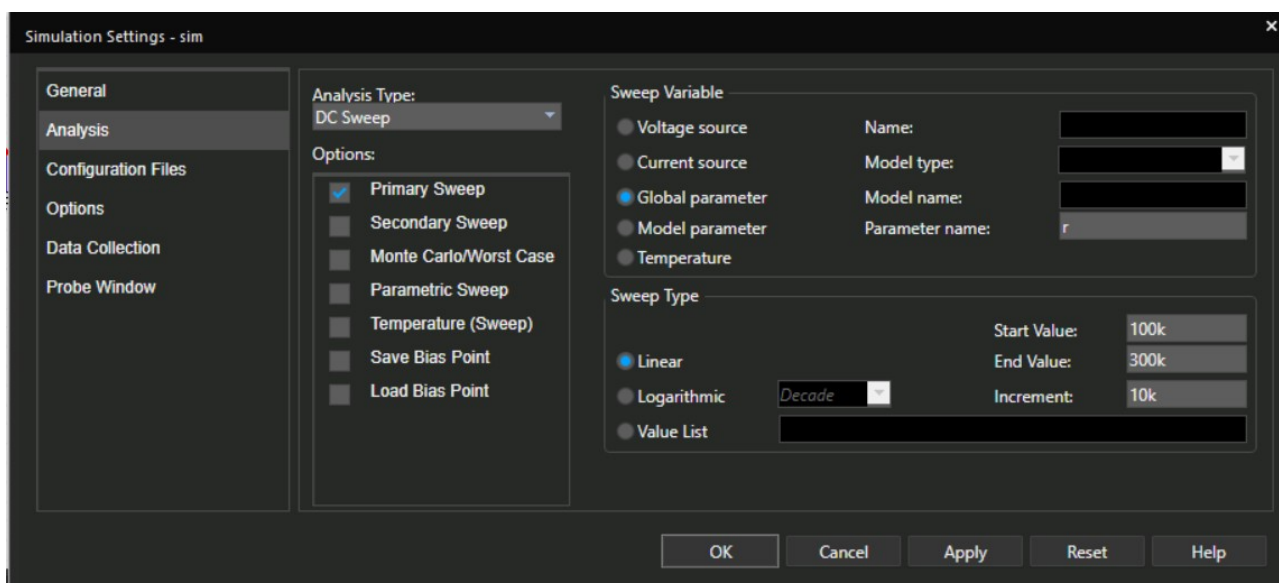


Figura 12

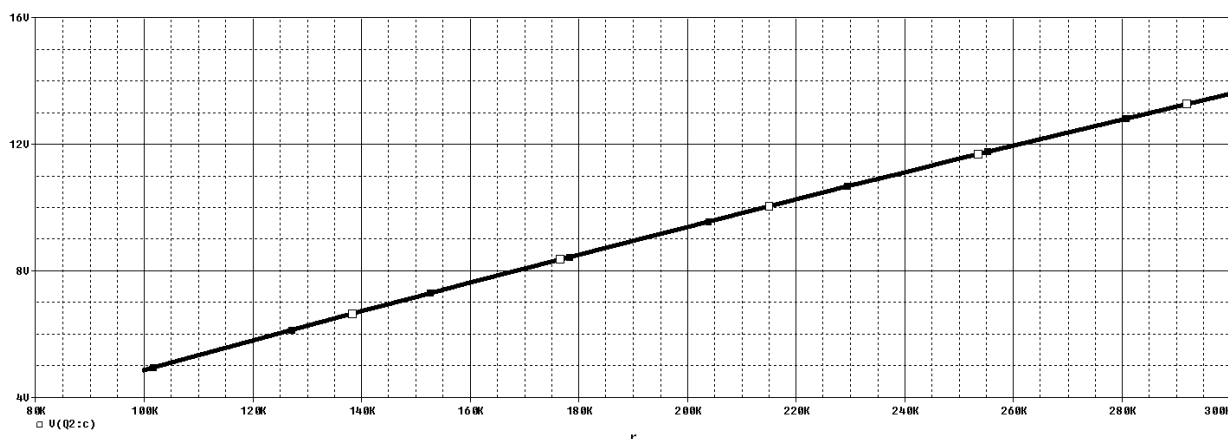


Figura 13

## 4.2 Simulare convertor

În specificațiile de proiectare se solicită conversie domeniului la [2V-14V].

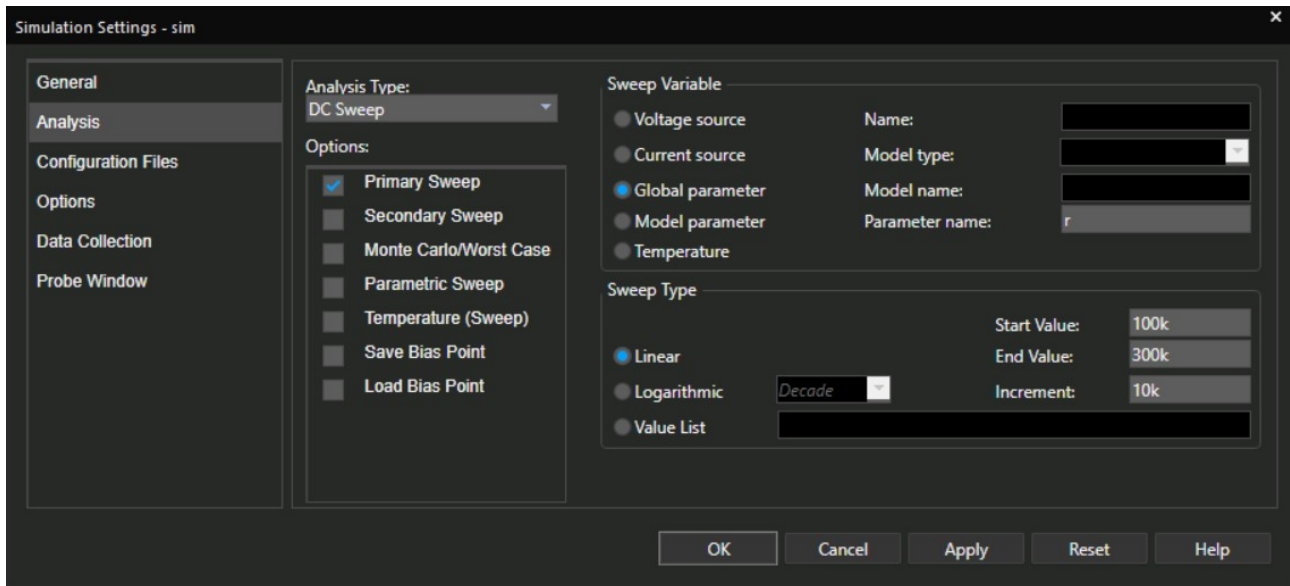


Figura 14

După rularea profilului de simulare din fig 13 se obține caracteristica de tensiune din figura 14 .Domeniul de tensiune în care rezistența variază liniar a fost convertit la cel din cerință.

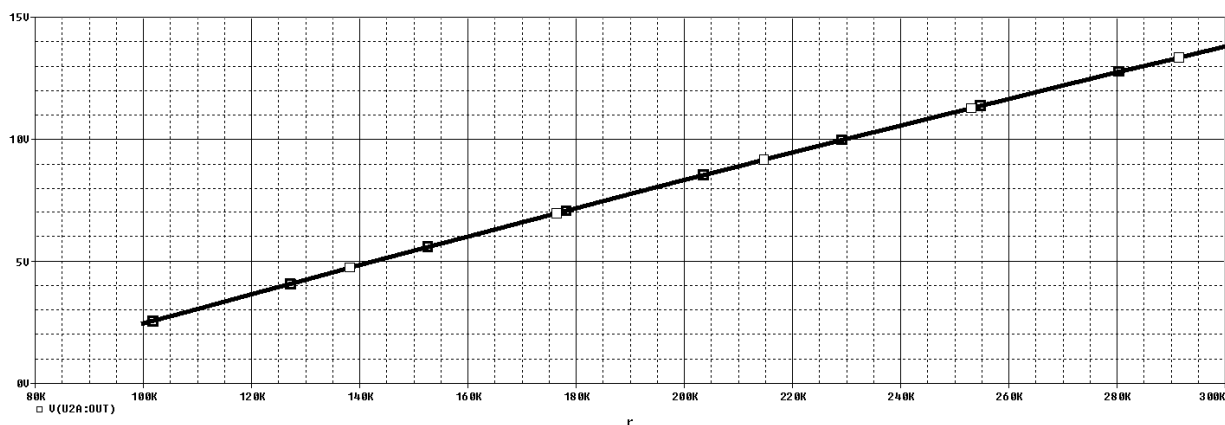


Figura 15

### 4.3 Simulare comparator

Folosind simulările DC Sweep din figura 16 respectiv cea din figura 18 inversând rezistențele care variază au rezultat reprezentările grafice ale pragurilor comparatorului. Acestea se regăsesc în figura 17 respectiv figura 19.

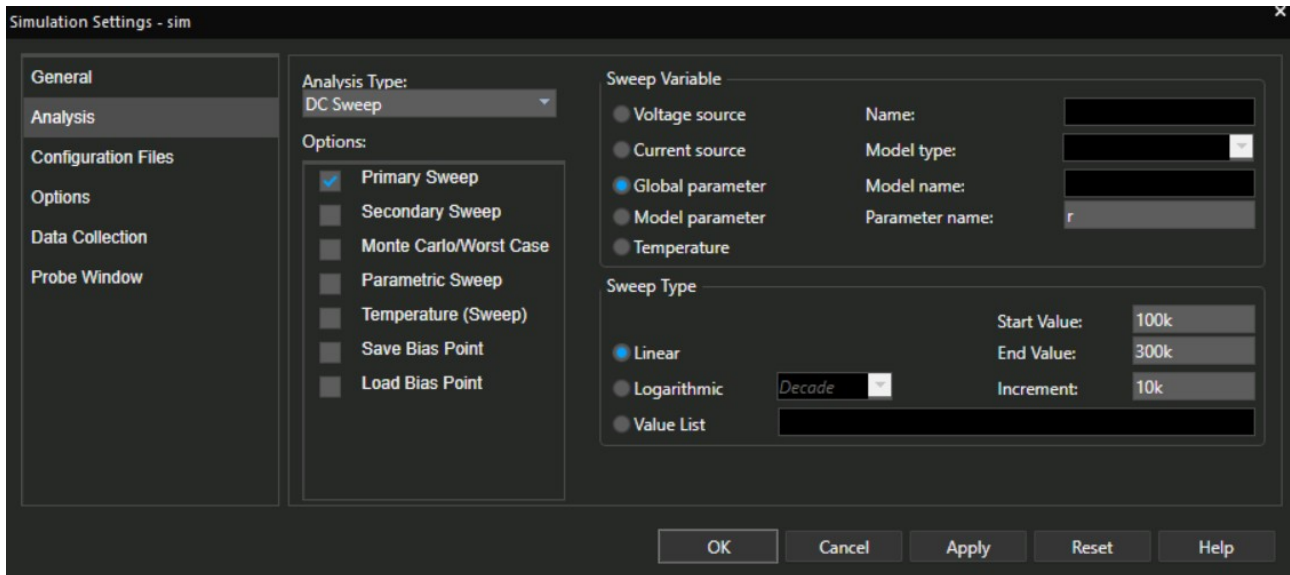


Figura 16

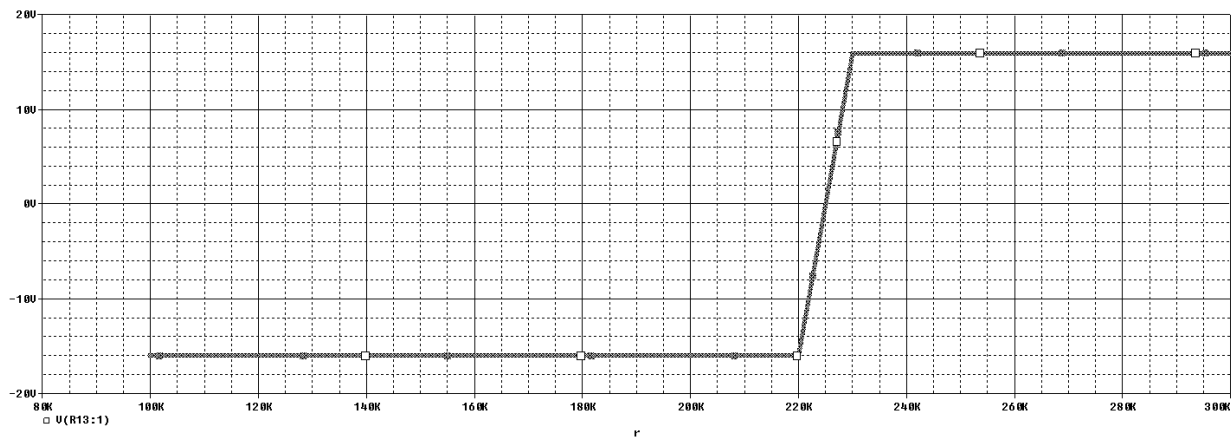


Figura 17



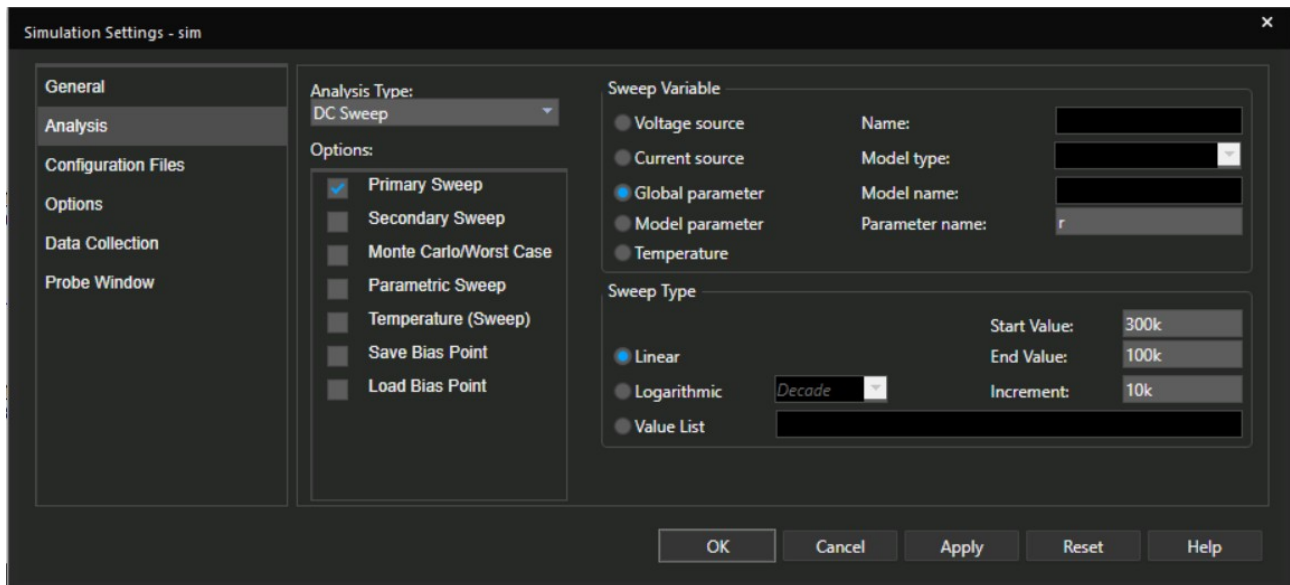


Figura 18

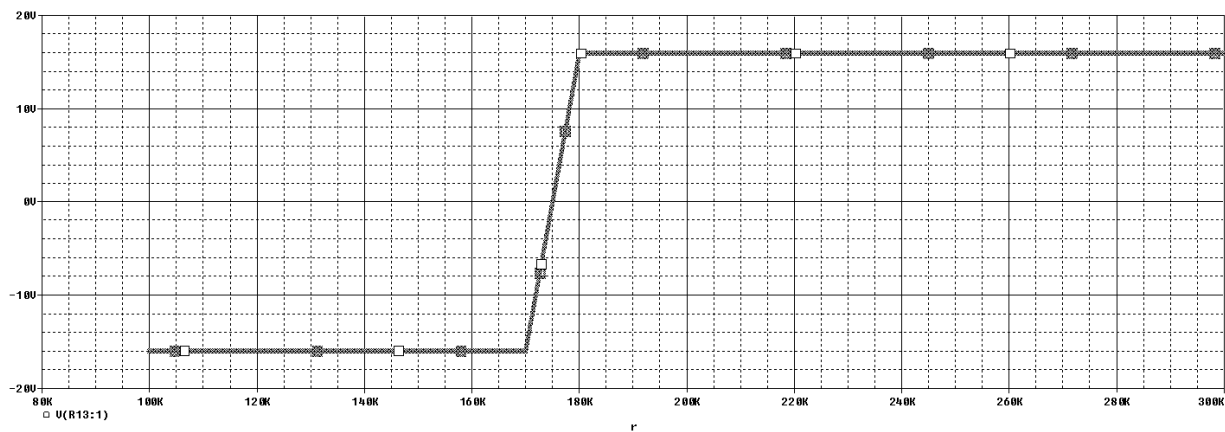


Figura 19



## 4.4. Simularea LED-ului

Pentru a obține culoarea led-ului ca fiind verde, am utilizat menționările din fișa de catalog pentru a modela dioda. În programul de modelare, am completat tabelul de la Forward Current conform graficului din data sheet, regăsit în Figura 20.

Green (GaP  $\lambda_P = 568\text{nm}$ )

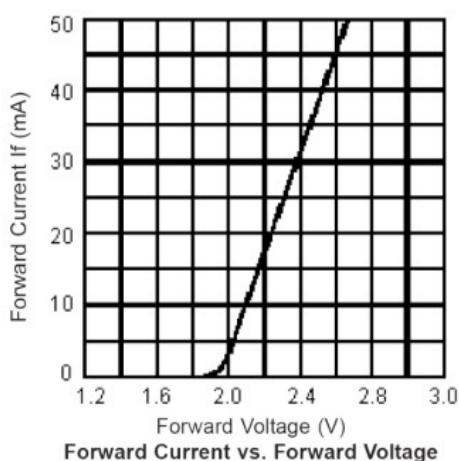


Figura 20

În figura 21 se afla completarea în programul de modelare.



Figura 21

Pentru a verifica corectitudinea modelării, am construit un mic circuit separat (Figura 22) , incluzând doar LED-ul și o sursă de tensiune Vdc. Prin simularea din figura 23, am obținut caracteristica de tensiune reprezentată în figura 24, care echivalează cu cea din foaia de catalog.

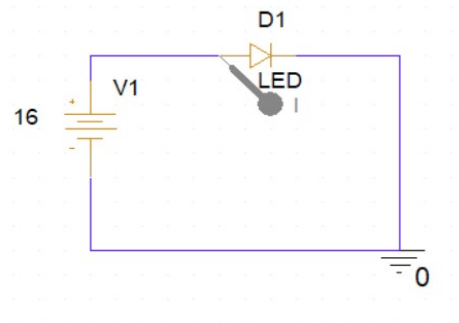


Figura 22

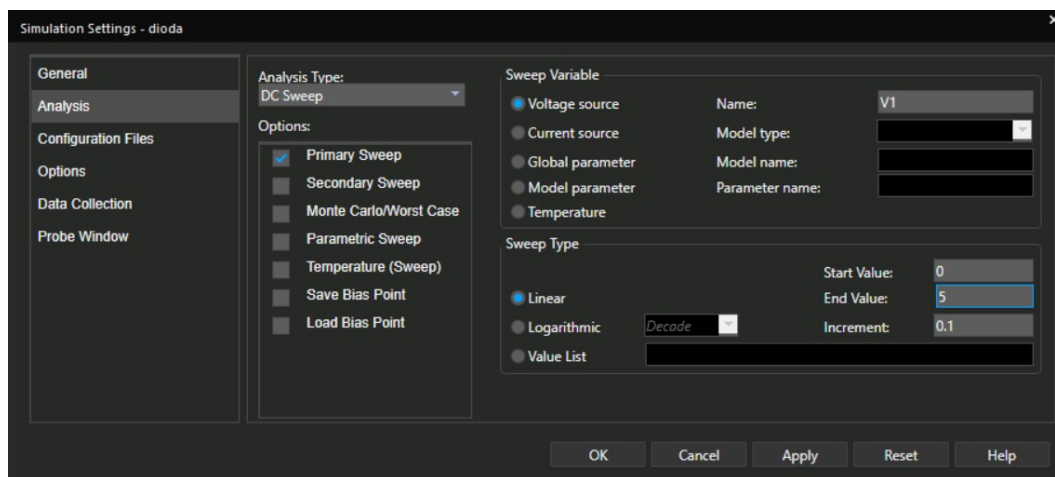


Figura 23

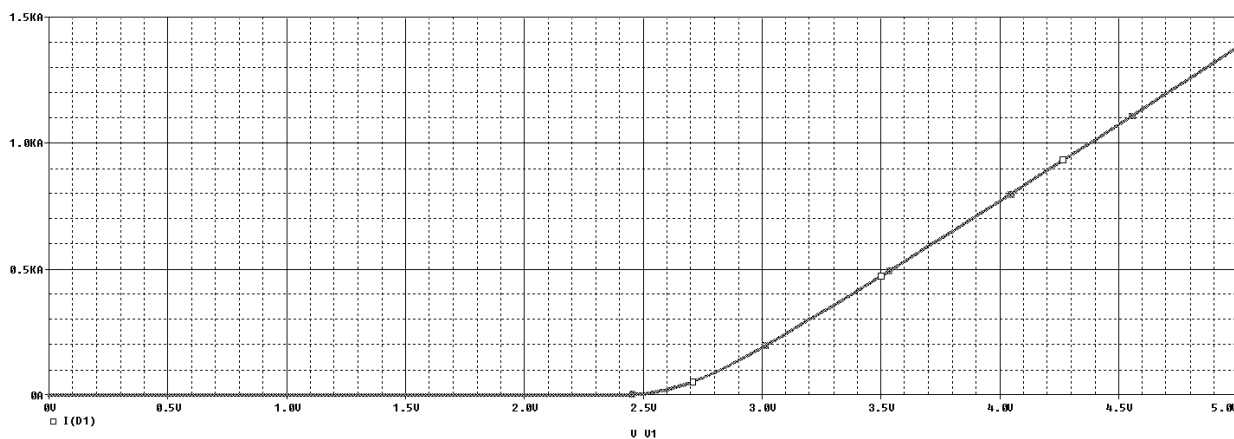


Figura 24

## 4.5. Analiza Monte Carlo

Pentru a testa performanța circuitului am realizat o analiză Monte Carlo. Am folosit profilul de simulare din Figura 25 din care a rezultat Figura 26.

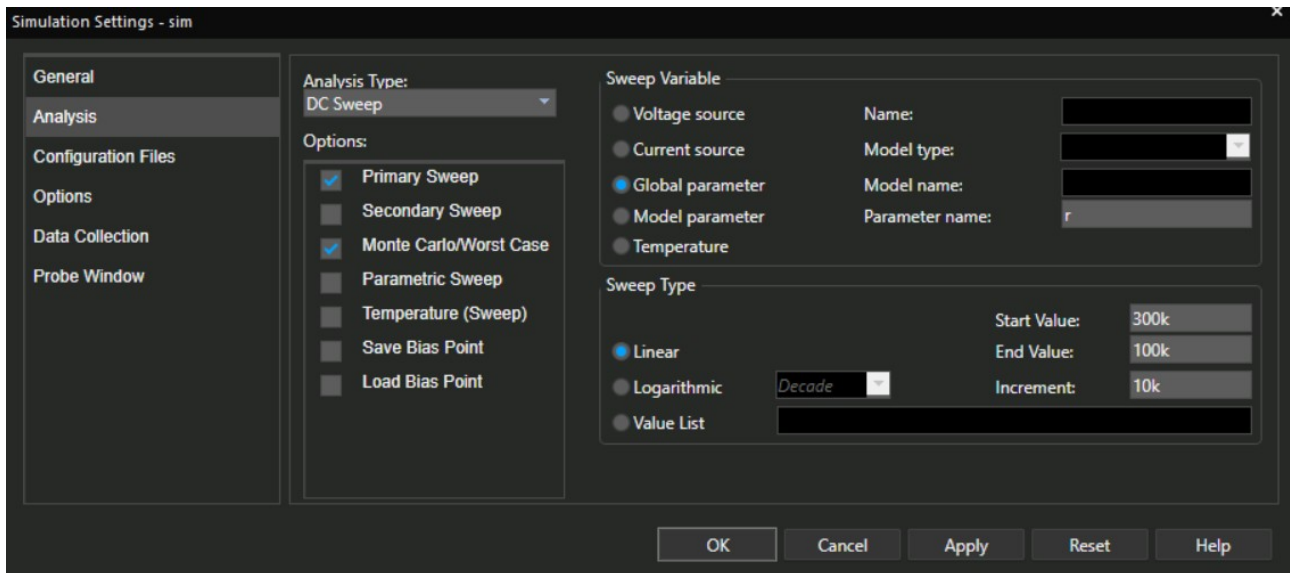


Figura 25

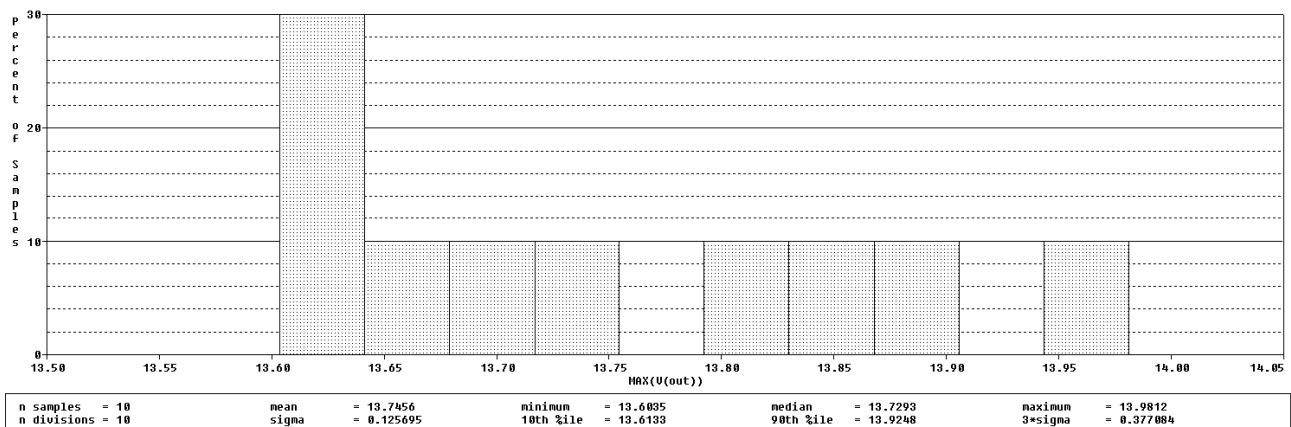


Figura 26

Bibliografie:

- [1] “Ovidiu Pop, Raul Fizeșan, Gabriel Chindriș, “Proiectare asistată de calculator. Aplicații”, U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2013
- [5]”Cursuri Dispozitive Electronice”- Prof. Emilia Șipoș
- [6] "LED datasheet" 2861534.pdf (farnell.com)