

# Proiect Tehnici CAD

Senzor de nivel



**Facultatea de Electronică,  
Telecomunicații și  
Tehnologia Informației**

**Nume: Egri Anna-Maria**

**Grupa: 2121**

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

**Asist. Drd. Ing. Adelina Ioana Ilieș**

# Cuprins

1. Date de proiectare .....	2
1.1.Cerința .....	2
1.2.Breviar teoretic .....	2
2. Fundamentare teoretică.....	3
2.1.Schema bloc:.....	3
2.2.Schema circuitului: .....	4
2.3. Senzorul de nivel și repetorul .....	5
2.4. AO diferențial .....	7
⇒ Divizorul de tensiune VREF1.....	8
2.5.Comparator inversor .....	9
⇒ Divizorul de tensiune VREF2.....	10
2.6.Modelarea diodei.....	11
2.7.Releul.....	12
3. Valorile standardizate ale rezistențelor folosite.....	13
4.Simulări .....	14
Analiza parametrică .....	14
Analiza Monte Carlo.....	15
Analiza Worst-Case.....	16
Analiza DC Sweep.....	18
5.Bibliografie .....	19

# 1. Date de proiectare

## 1.1.Cerința

Să se proiecteze un sistem de control al nivelului de apă dintr-un rezervor. Știind că senzorul de nivel folosit poate să măsoare nivelul de lichid liniar, valoarea maximă fiind specificată în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât nivelul din rezervor să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de nivel se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu nivelul de lichid este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul  $[0 - (V_{cc}-2V)]$ . În rezervor, nivelul de apă este menținut 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.

Nivel maxim de măsură [cm] -E-	Domeniul nivelului de lichid din sensor [cm] -F-	Rezistența senzorului [ohm] -G-	VCC [V] -H-	Culoare led de semnalizare -I-
530	50-450	4k-19k	15	portocaliu

Tabelul 1.Cerința

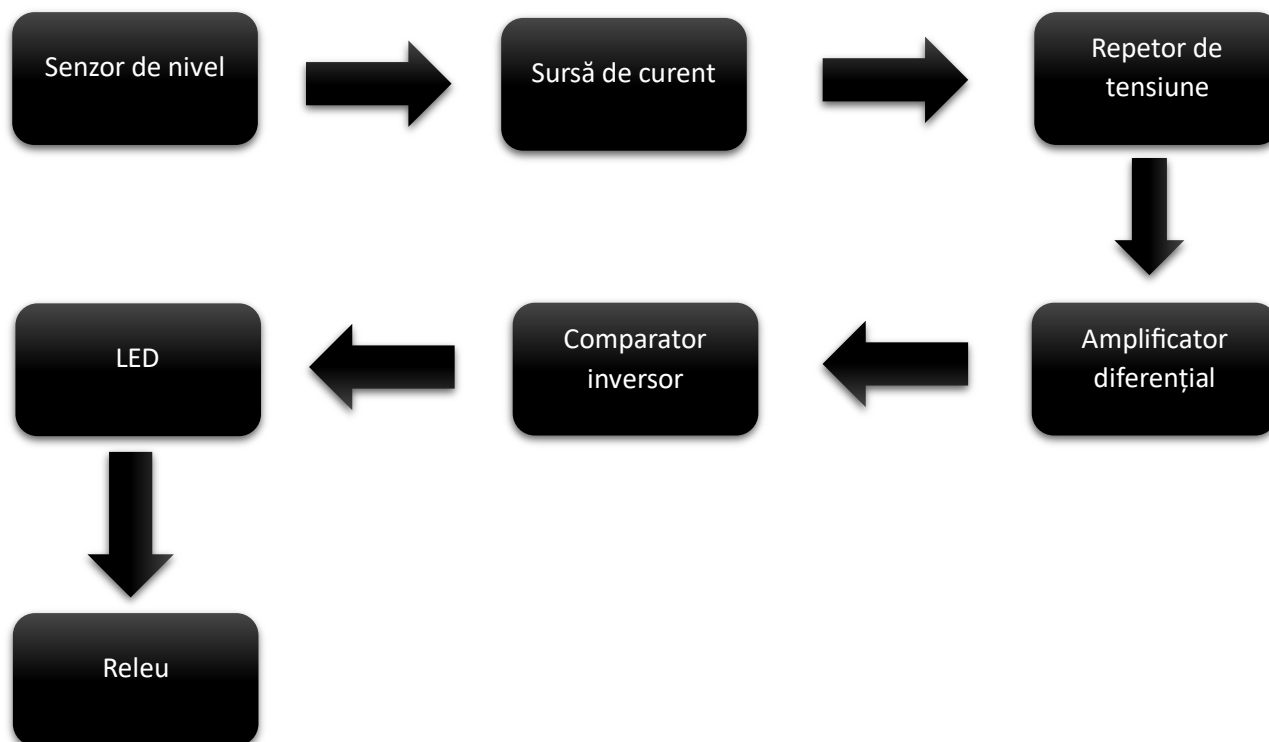
## 1.2.Breviar teoretic

Am folosit în circuit:

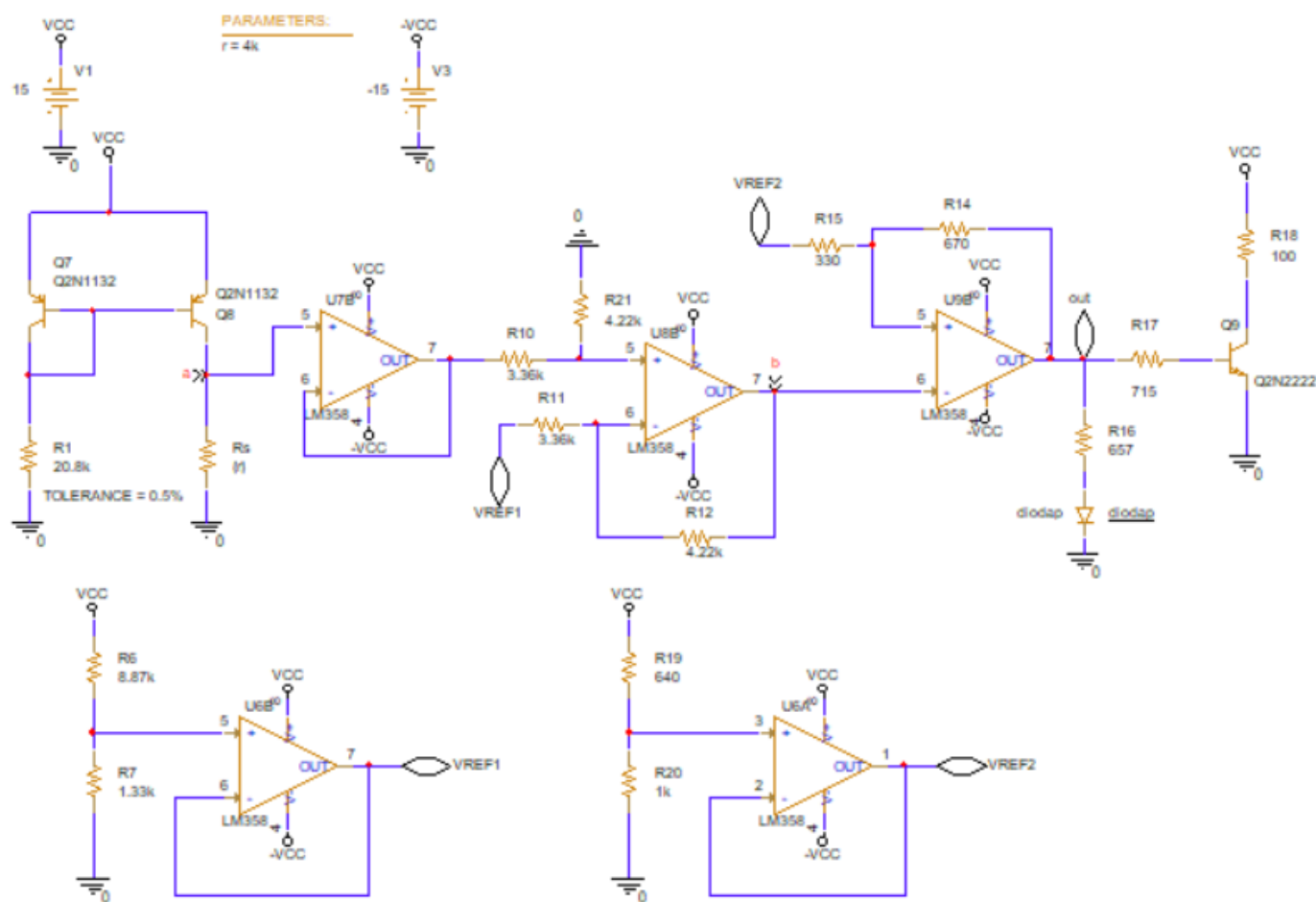
1. Tranzistorul bipolar PNP Q2N1132 deoarece circuitul meu avea nevoie de acesta ca să treacă curentul prin rezistențele de mai jos. Tranzistoarele PNP folosesc un curent mic de bază și o tensiune de bază negativă pentru a controla un curent de emitor-colector mult mai mare.
2. Amplificatorul LM358 deoarece suportă o tensiune maximă de 30 V, iar pentru circuitul meu aș avea nevoie de minim 15 V.
3. Tranzistorul bipolar NPN Q2N2222, acesta potrivindu-se pentru releul meu.
4. Rezistența de bobină de 1,1 k $\Omega$  pentru releu, suportând o tensiune maximă de 24 V.

## 2. Fundamentare teoretică

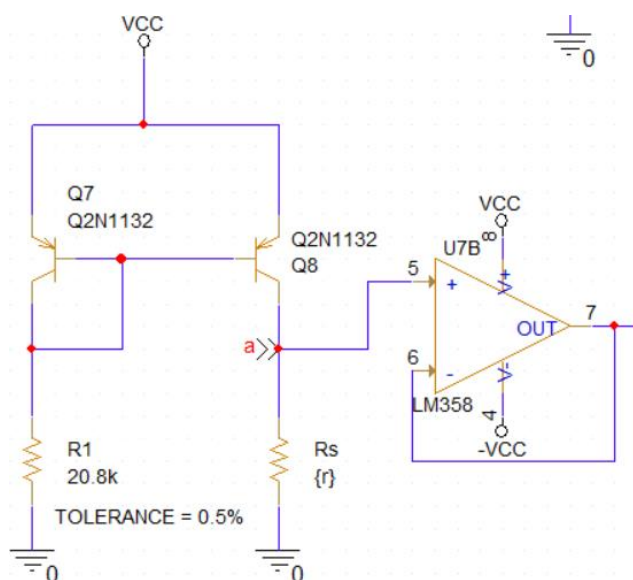
### 2.1.Schema bloc:



## 2.2.Schema circuitului:



## 2.3. Senzorul de nivel și repetorul



Am folosit oglinzi de curent pentru a amplifica tensiunea.

Pentru a nu avea pierderi de tensiune am implementat un circuit repetor la care am folosit amplificatorul LM358 alimentat de VCC și -VCC care au valoarea de 15 V, respectiv -15 V de la ieșirea căruia vom prelua tensiunea  $V$ .

Toate rezistențele au o toleranță de 0,5% deoarece sunt rezistențe normalizate luate din E192.

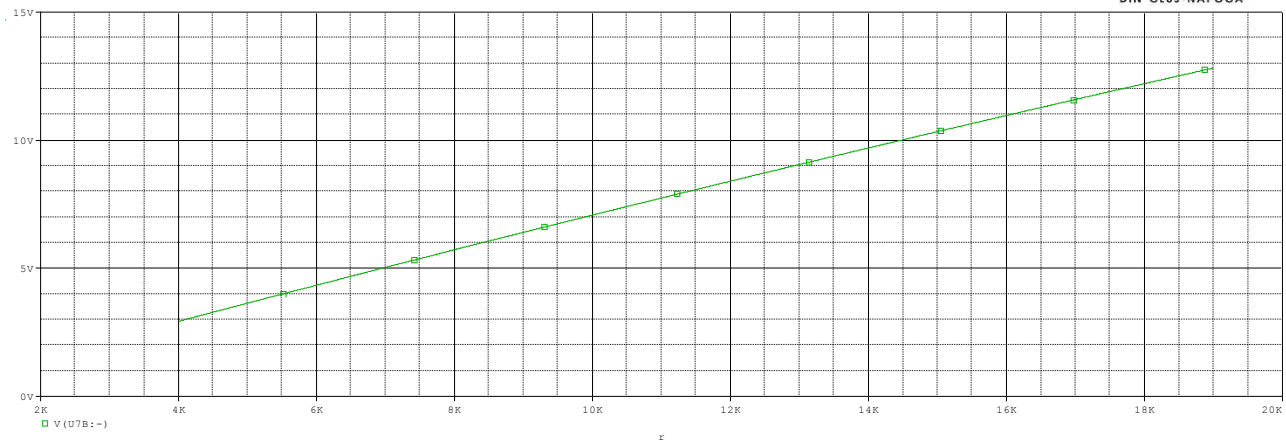


Figura 1. Variația tensiunii rezistorului

Curentul maxim din oglindă este calculat în ecuația (1).

$$I_{max} = \frac{V_{cc} - 2}{R_{smax}} = \frac{15 - 2}{19k} = 684 \mu A \quad (1)$$

$$V_{cc} = V_{R1} + V_{BE} \quad (2)$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_{max}} = \frac{15 - 0.7}{684 \mu} = 20,8 k\Omega$$

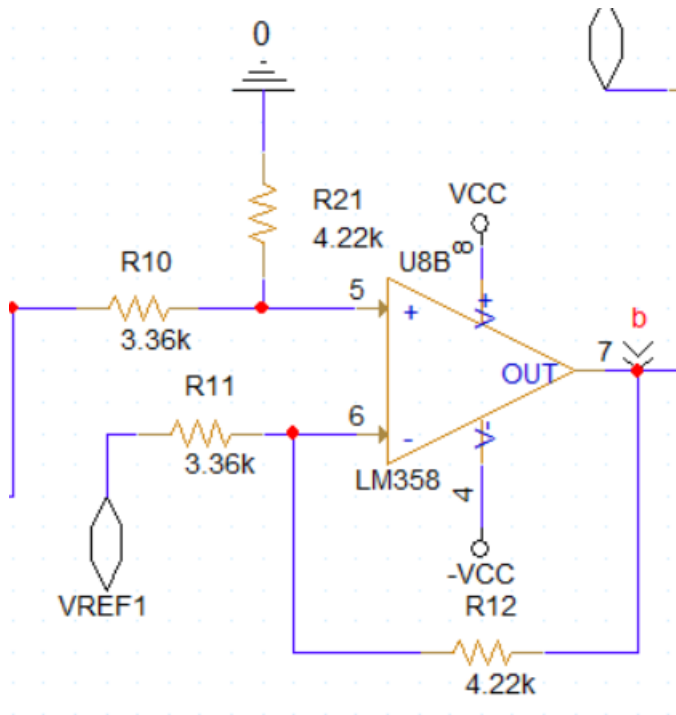
Tensiunea care cade pe rezistența  $R_1$ :

$$V_{Rmin} = R_{smin} * I = 4k * 684 \mu = 2,7 V \quad (3)$$

$$V_{Rmax} = R_{smax} * I = 19k * 684 \mu = 12,8 V \quad (4)$$

Din (3) și (4)  $\Rightarrow a \in [ 2,7 V ; 12,8 V ]$

## 2.4. AO diferențial



Aleg:  $R_{10} = R_{11}$  și  $R_{12} = R_{21} \Rightarrow b = (a - VREF1) * \frac{R_{12}}{R_{11}}$  (5)

$b \in [0V, 13V]$

$0 = \frac{R_{12}}{R_{11}} * (2,7 - VREF1) \Rightarrow VREF1 = 2,7V$

$13 = \frac{R_{12}}{R_{11}} (12,8 - 2,7) \Rightarrow \frac{R_{12}}{R_{11}} = 1,26$

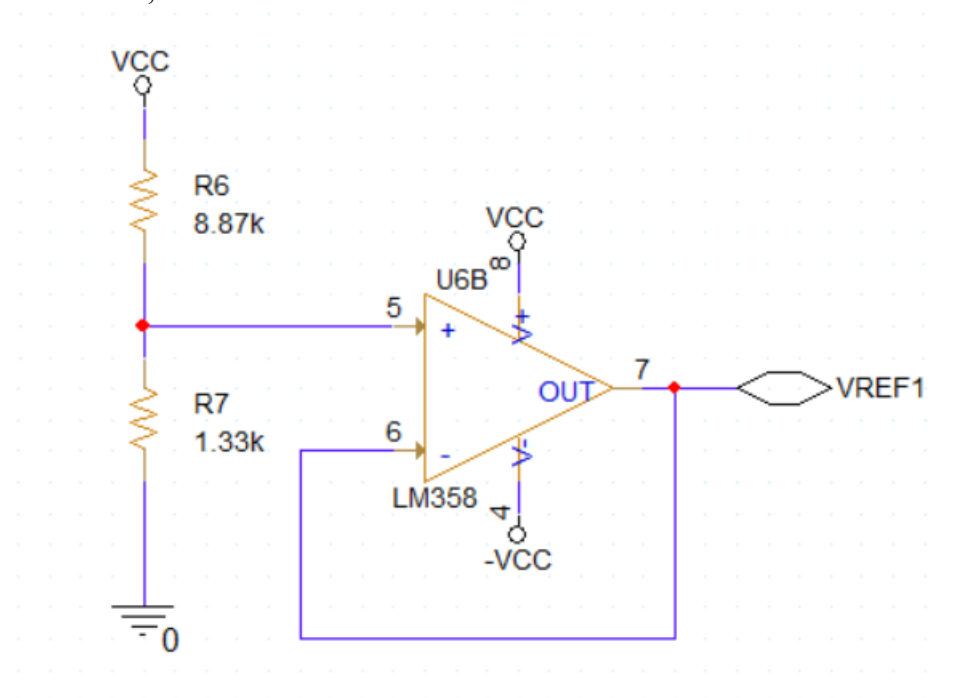
$R_{11} = 3,36k \Rightarrow R_{11} = R_{10} = 3,36k\Omega$

$R_{12} = 4,22k \Rightarrow R_{12} = R_{21} = 4,22k\Omega$



## Divizorul de tensiune VREF1

$$V_{REF1} = 2,7 \text{ V}$$

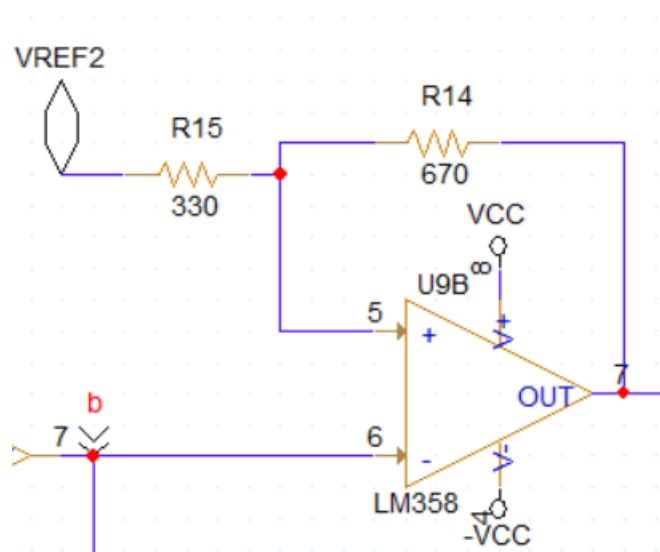


$$V_{REF1} = \frac{R_7}{R_7 + R_6} * V_{CC} \quad (6)$$

$$2,7 = \frac{R_7}{R_7 + R_6} * 15 \Rightarrow \frac{R_7}{R_7 + R_6} = 0.13$$

$$R_7 = 1,33 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_6 = 8,87 \text{ k}\Omega$$

## 2.5.Comparator inversor



Am calculat tensiunea de prag jos și sus prin regula de trei simplă:

530 cm.....13 V

530 cm.....13 V

50 cm..... $V_{pj}$

450 cm..... $V_{ps}$

$$V_{pj} = 1,23 \text{ V}$$

$$V_{ps} = 11,04 \text{ V}$$

$$V_{ps} - V_{pj} = 2 * V_{cc} * \frac{R_{15}}{R_{15} + R_{14}} \quad (7)$$

$$\frac{R_{15}}{R_{15} + R_{14}} = 0,33$$

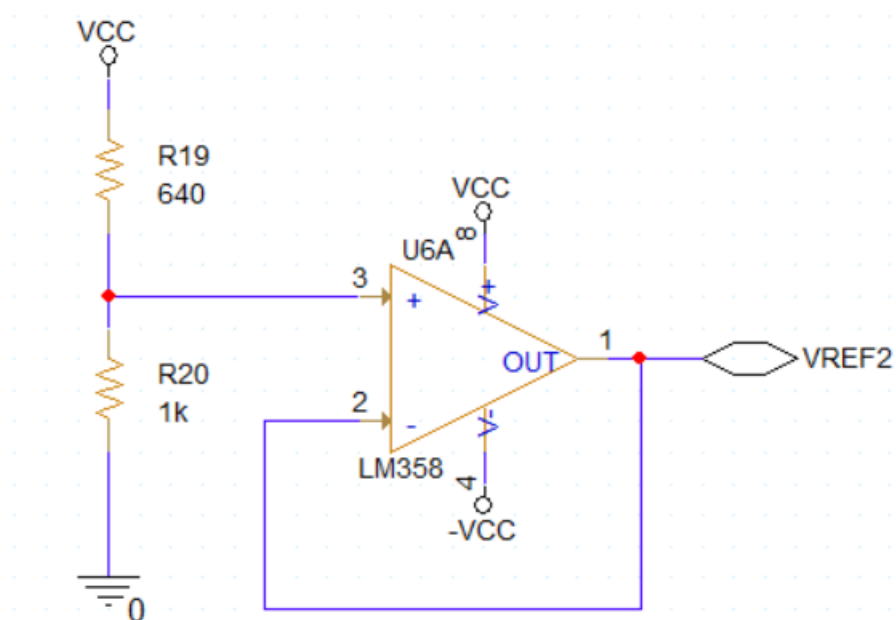
$$R_{15} + R_{14} = 1 \text{ k}$$

$$R_{15} = 330 \, \Omega \quad R_{14} = 670 \, \Omega$$

$$V_{ps} + V_{pj} = 2 * VREF2 * \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{15}} \quad (8)$$

$$\Rightarrow VREF2 = \frac{12,27}{2 * 0,67} = 9,2 \text{ V}$$

## Divizorul de tensiune VREF2



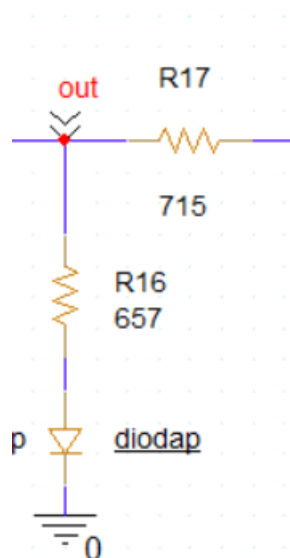
$$V_{REF2} = \frac{R_{20}}{R_{20} + R_{19}} * V_{CC} \quad (9)$$

$$\frac{R_{20}}{R_{20} + R_{19}} = \frac{9,2}{15} = 0,61$$

$$R_{20} = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow \frac{1k}{1k + R_2} = 0,61 \Rightarrow R_2 = \frac{0,39}{0,61} = 640 \Omega$$

## 2.6. Modelarea diodei



$$R_{16} = \frac{V_{R16}}{I_D} = \frac{V_{cc} - V_D}{I_D} = \frac{13,2}{20m} = 657 \, \Omega \quad (10)$$

$$R_{17} = \frac{V_{R17}}{I_D} = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{I_D} = \frac{14,3}{20m} = 715 \, \Omega \quad (11)$$

**Orange (GaAsP/CaP  $\lambda_P = 635nm$ )**

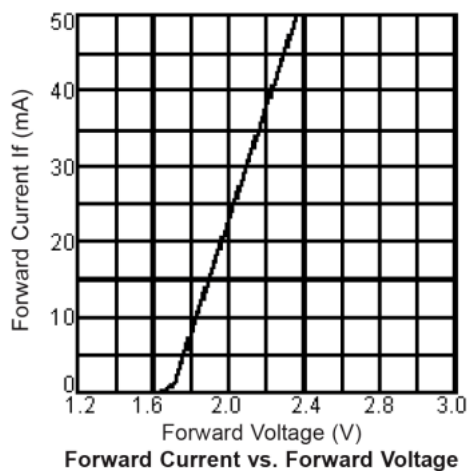
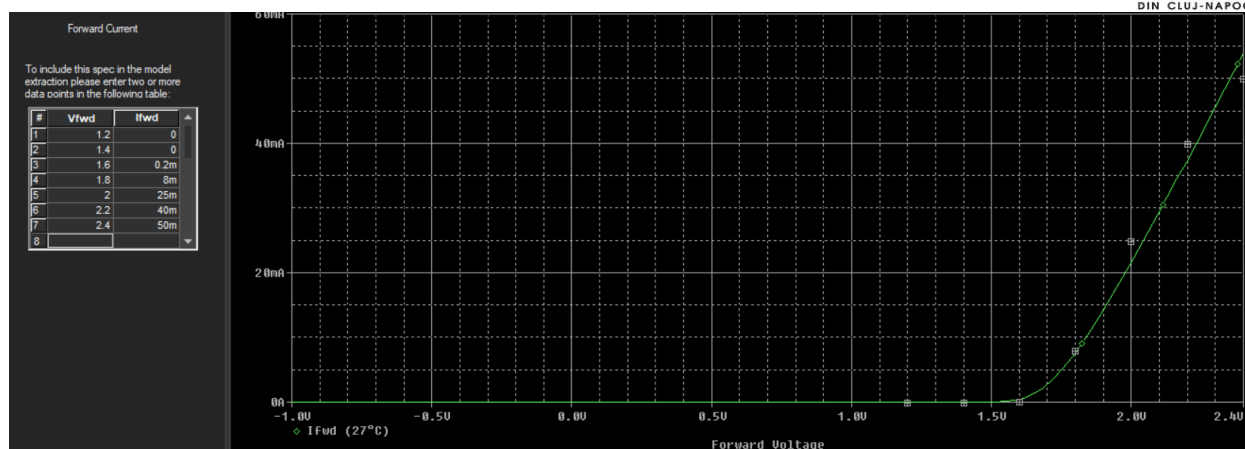
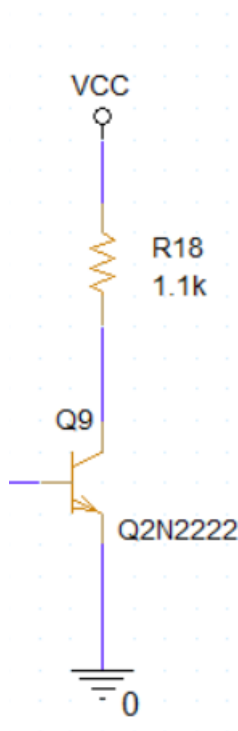


Figura 2. Modelare LED portocaliu



## 2.7.Releul



Releul este o componentă electronică, un dispozitiv, care produce anumite modificări (cum ar fi închiderea și deschiderea unui circuit) pe baza unui parametru care variază (precum tensiunea electrică aplicată), permițând controlarea unui curent de intensitate mare cu ajutorul unui curent de intensitate mică.

### 3. Valorile standardizate ale rezistențelor folosite

VALOARE	TOLERANȚĂ	NOTAȚIE ÎN CIRCUIT
20,8 k $\Omega$	0,5%	R1
3,36 k $\Omega$	0,5%	R10, R11
4,22 k $\Omega$	0,5%	R21
330 $\Omega$	0,5%	R15
670 $\Omega$	0,5%	R14
657 $\Omega$	0,5%	R16
715 $\Omega$	0,5%	R17
1,1 k $\Omega$	0,5%	R18
8,87 k $\Omega$	0,5%	R6
1,33 k $\Omega$	0,5%	R7
640 $\Omega$	0,5%	R19
1k $\Omega$	0,5%	R20

Tabelul 2. Valori rezistențe

## 4.Simulări

### Analiza parametrică

Analizele parametrice realizează iterații multiple ale aceleași analize standard, în timp ce se baleiază un parametru global, un parametru al unui model de simulare sau o valoare de componentă. Efectul este același ca și când s-ar rula analiza de mai multe ori, o dată pentru fiecare valoare a variabilei baleiate.

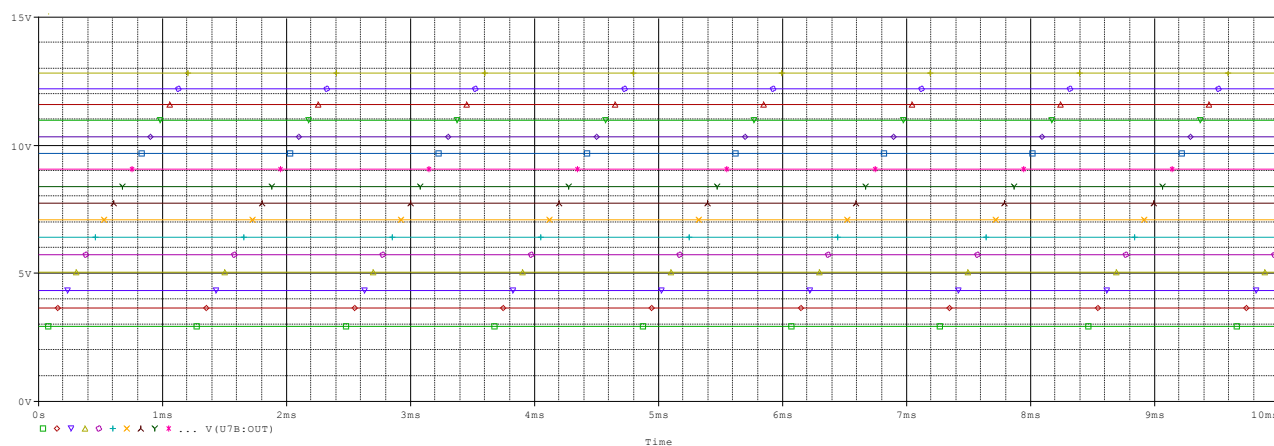
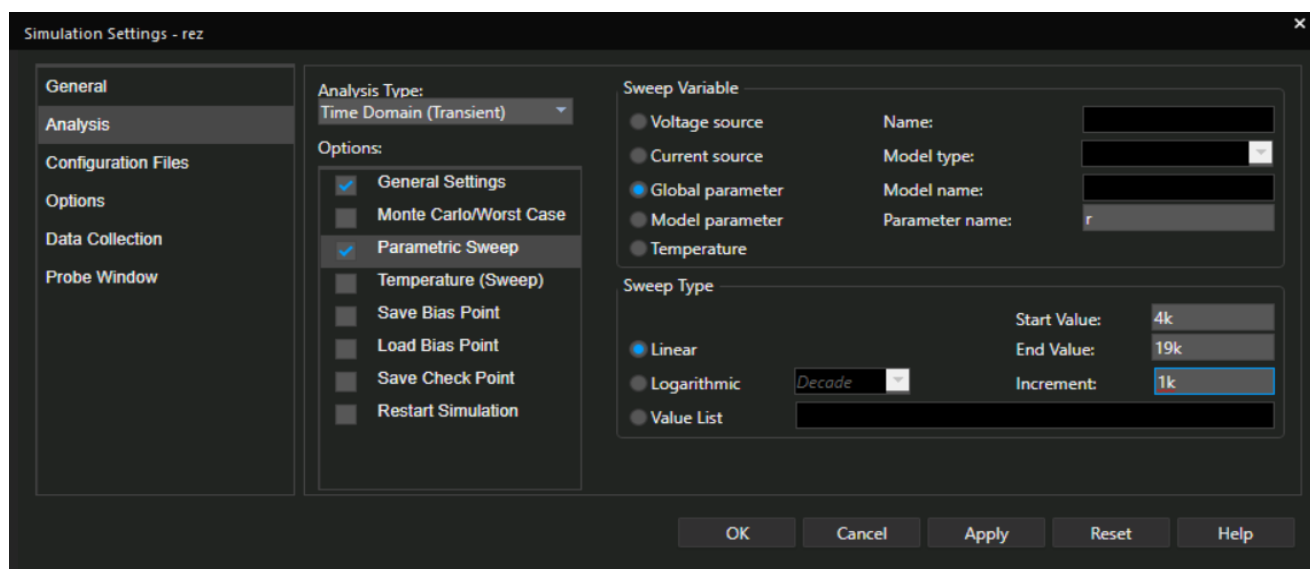


Figura 3. Analiza parametrică

## Analiza Monte Carlo

Analiza Monte Carlo este cel mai bun mod de analiză a unui circuit din punct de vedere statistic, de a vedea cum se comportă acel circuit la variații ale valorilor componentelor.

Analiza Monte Carlo determină, statistic, comportarea circuitului atunci când valorile componentelor sunt modificate în domeniul lor de toleranță.

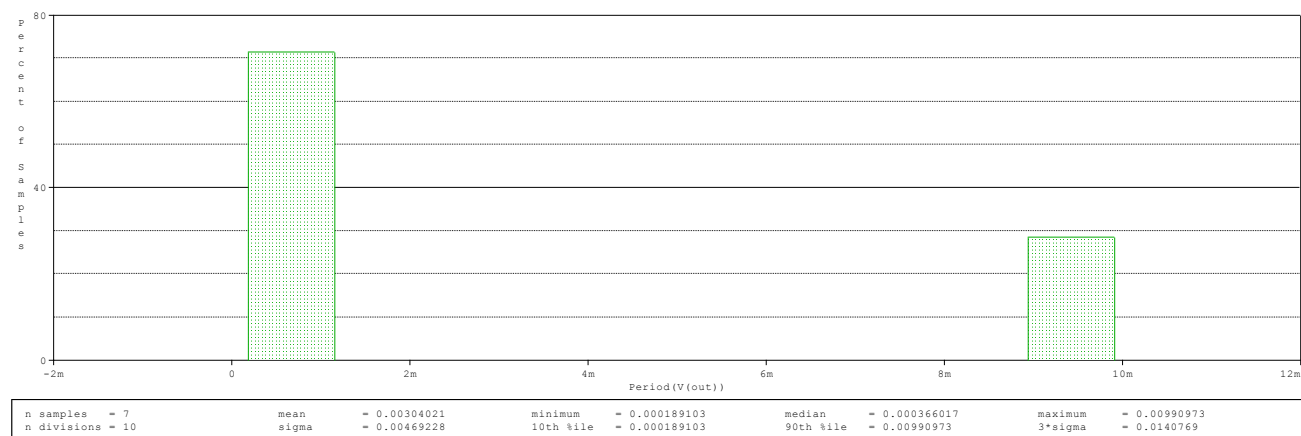
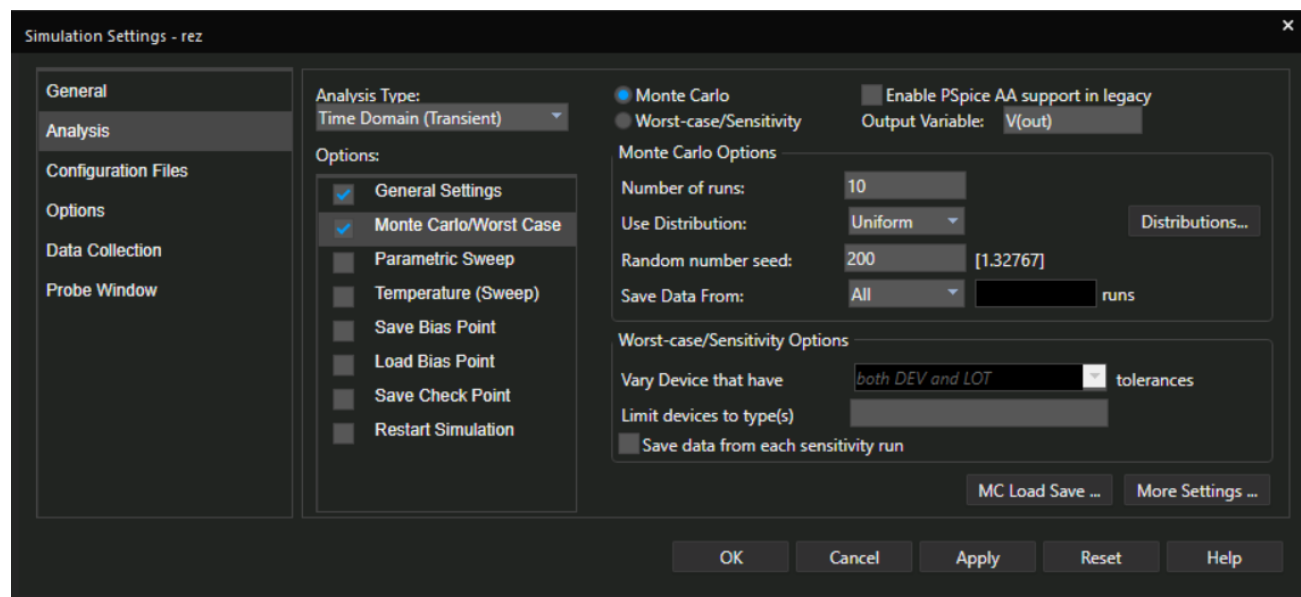


Figura 4. Perioada în funcție de variația rezistențelor în domeniul de toleranță



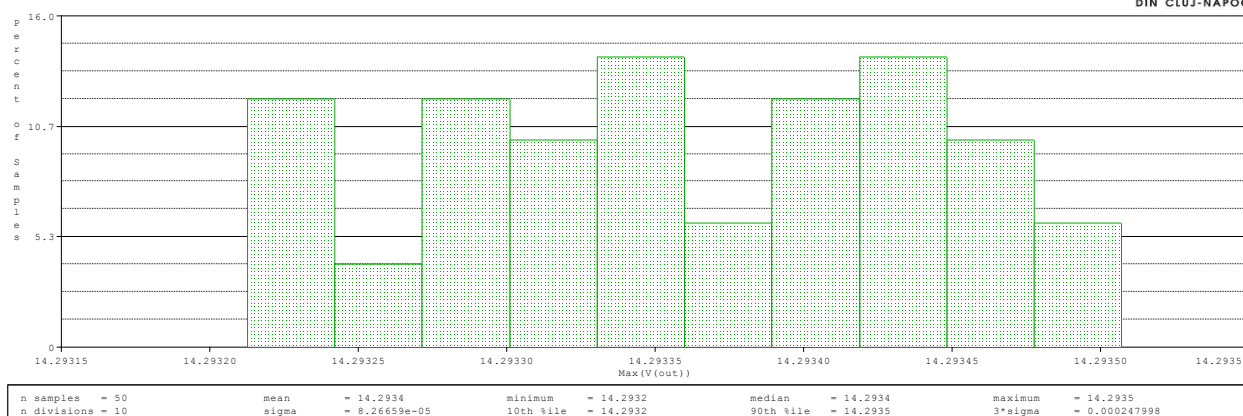
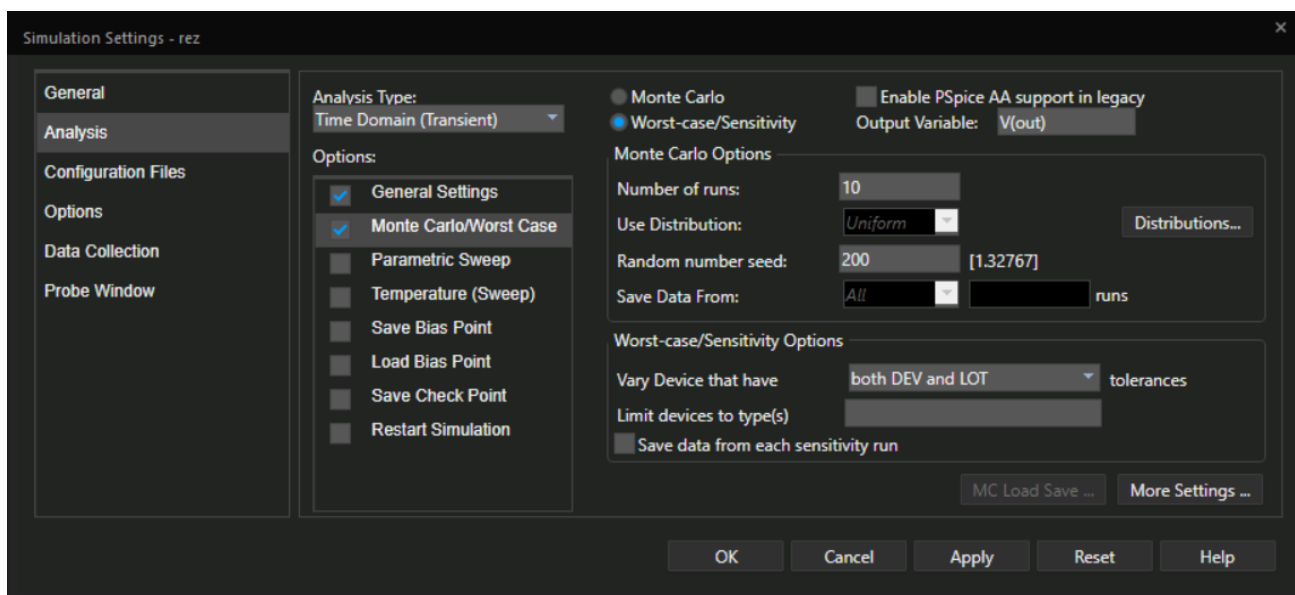


Figura 5. Variația amplitudinii

## Analiza Worst-Case

Worst Case variază doar un parametru într-o rulare. După ce se cunosc toate sensibilitățile, simularea este rulată încă o dată variind toți parametrii pentru a determina cazul cel mai defavorabil.



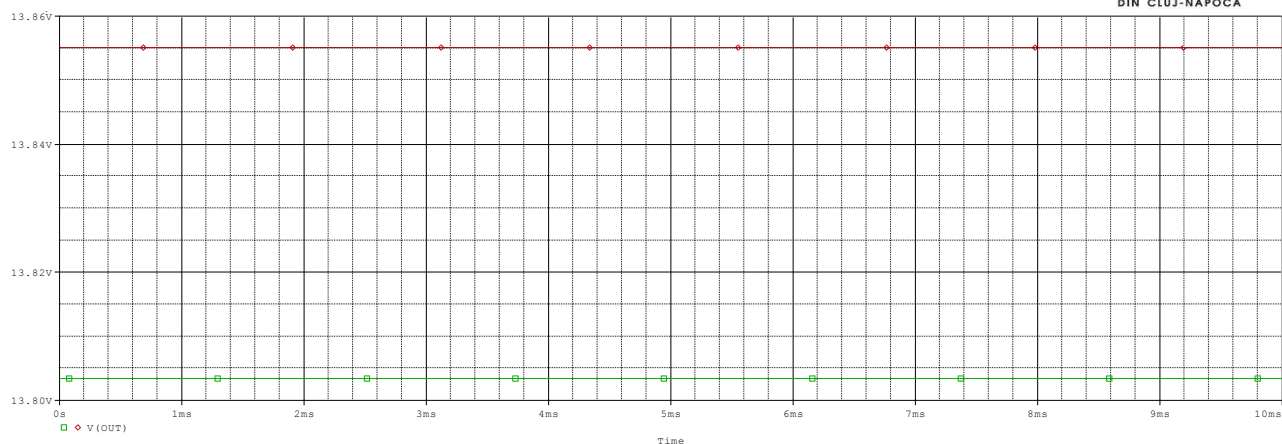


Figura 6. Analiza Worst-Case

Cel de culoare roșie este cel mai defavorabil caz, iar cel cu verde reprezintă cazul nominal.

```

2817
2818      WORST CASE ALL DEVICES
2819
2820 *****
2821
2822
2823
2824 Device  MODEL  PARAMETER  NEW VALUE
2825 R_R7    R_R7   R          1      (Unchanged)
2826 R_R6    R_R6   R          1      (Unchanged)
2827 R_R10   R_R10  R          1      (Unchanged)
2828 R_R11   R_R11  R          1      (Unchanged)
2829 R_R12   R_R12  R          1      (Unchanged)
2830 R_R14   R_R14  R          1.005  (Increased)
2831 R_R16   R_R16  R          1.005  (Increased)
2832 R_R17   R_R17  R          1.005  (Increased)
2833 R_R18   R_R18  R          .995  (Decreased)
2834 R_R19   R_R19  R          1      (Unchanged)
2835 R_R20   R_R20  R          1      (Unchanged)
2836 R_R21   R_R21  R          1      (Unchanged)
2837 R_R15   R_R15  R          1.005  (Increased)
2838 R_R1     R_R1   R          1      (Unchanged)
2839

```

```

2847
2848      WORST CASE SUMMARY
2849
2850 *****
2851
2852
2853
2854
2855
2856 Mean Deviation = .0517
2857 Sigma          = 0
2858
2859 RUN            MAX DEVIATION FROM NOMINAL
2860
2861 WORST CASE ALL DEVICES
2862      .0517 higher at T = 2.0000E-06
2863      ( 100.37% of Nominal)
2864
2865
2866
2867 JOB CONCLUDED

```

## Analiza DC Sweep

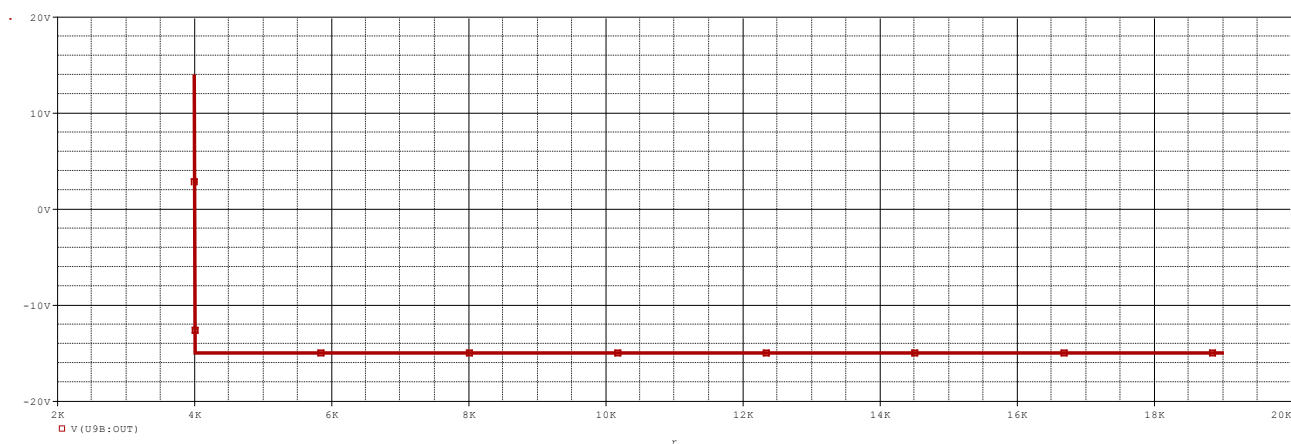
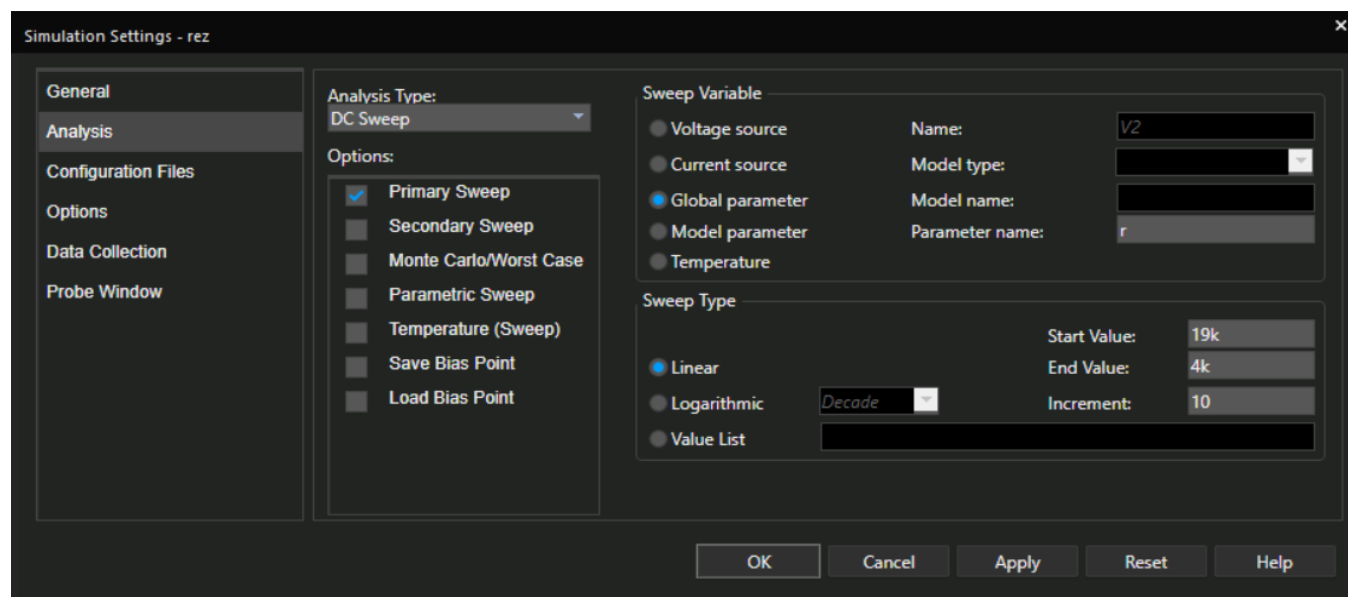


Figura 7. Analiza DC Sweep afișată după comparator

## 5. Bibliografie

Valori standardizate rezistențe:

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

Foaie de catalog led:

<https://www.farnell.com/datasheets/1660998.pdf>

Foaie de catalog amplificator:

<https://www.tme.eu/ro/details/lm358ad-st/amplificatori-operationali-smd/stmicroelectronics/lm358ad/>

Foaie de catalog tranzistori:

<https://www.tme.eu/ro/details/2n2222-cdi/tranzistori-tht-npn/cdil/2n2222/>

<https://www.tme.eu/ro/details/nte129/tranzistori-tht-pnp/nte-electronics/>

Cursuri DE:

<http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/de.htm>