

PROIECT-TEHNICI CAD

Circuit pentru controlul greutății unui container

Schmidt Sabina-Cristina

An 2

Grupa 2124

Cuprins:

1. Cerință
2. Date de proiectare
3. Fundamentare teoretică
4. Diagrama bloc
5. Schemă electrică
6. Breviar de calcule
 - 6.1. Oglinda de curent
 - 6.2. Amplificatorul diferențial
 - 6.3. Comparatorul inversor
 - 6.4. Led + Releu
7. Simulări
8. Analiza statistică
 - 8.1. Monte Carlo in DC
 - 8.2. Worst Case in DC
9. Bibliografie

1. Cerință

Să se proiecteze un sistem de control al greutății unui container dedicat depozitării cerealelor. Containerul este prevăzut cu un orificiu pentru eliberarea cerealelor pe o bandă rulantă. Știind că senzorul de greutate folosit poate să măsoare greutatea liniară în domeniul specificat în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât greutatea containerului să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de greutate se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu greutatea este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[0 \div (V_{cc} - 2V)]$. Greutatea containerului 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 (pornită/oprită) este semnalizată de un LED, având culoarea specificată în tabel.

2.Datele de proiectare:

- domeniul de greutate măsurabil [kg]: 15-175
- greutatea containerului [kg]: 45-75
- rezistența senzorului [k Ω]: 12k-27k
- VCC [V]: 14
- culoare LED: mov

3. Fundamentare teoretică

Pentru proiectarea acestui sistem de control al greutății unui container dedicat depozitării cerealelor vom folosi mai multe componente și blocuri funcționale:

1. Oglindă de curent

Oglinda de curent este un circuit electronic care are un curent de ieșire proporțional cu rezistența de intrare.

Vom folosi o oglindă de curent pentru a transforma variația liniară a rezistenței electrice într-o variație liniară a curentului.

2. Repetor de tensiune

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

3. Amplificator diferențial

Acesta are rolul de convertor de domeniu în tensiune.

Acest amplificator va amplifica semnalul de tensiune, astfel încât acesta să fie la ieșire în domeniul $[0 \div (V_{cc}-2V)]$.

4. Comparator inversor

Comparatorul compară un nivel de tensiune cu un alt nivel de tensiune, sau o tensiune de referință prestabilită V_{ref} și produce un semnal de ieșire în funcție de această comparație de tensiuni.

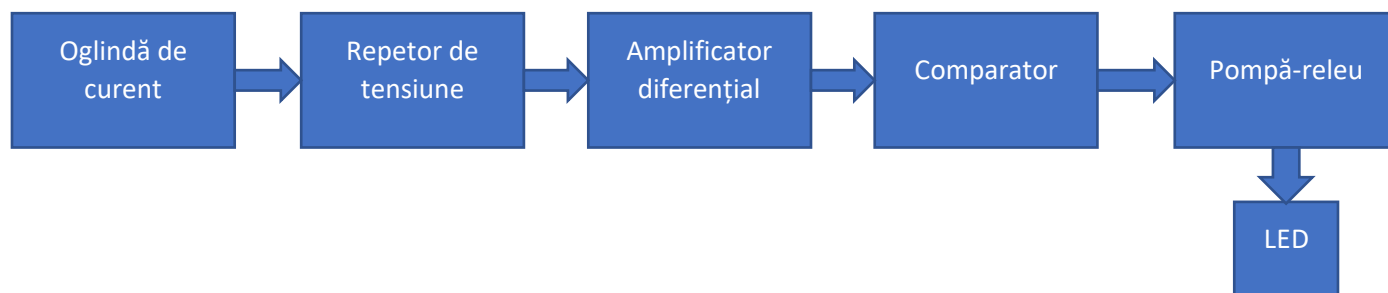
Semnalul amplificat anterior de amplificatorul diferențial este comparat cu nivelul de referință, acesta fiind dat în datele de proiectare.

5. LED + Releu electromagnetic

Vom utiliza semnalul de ieșire al comparatorului pentru a controla pornirea și oprirea pompei.

Starea pompei, pornită sau oprită, va fi semnalizată de un LED mov.

4. Diagrama bloc



5. Schema electrică

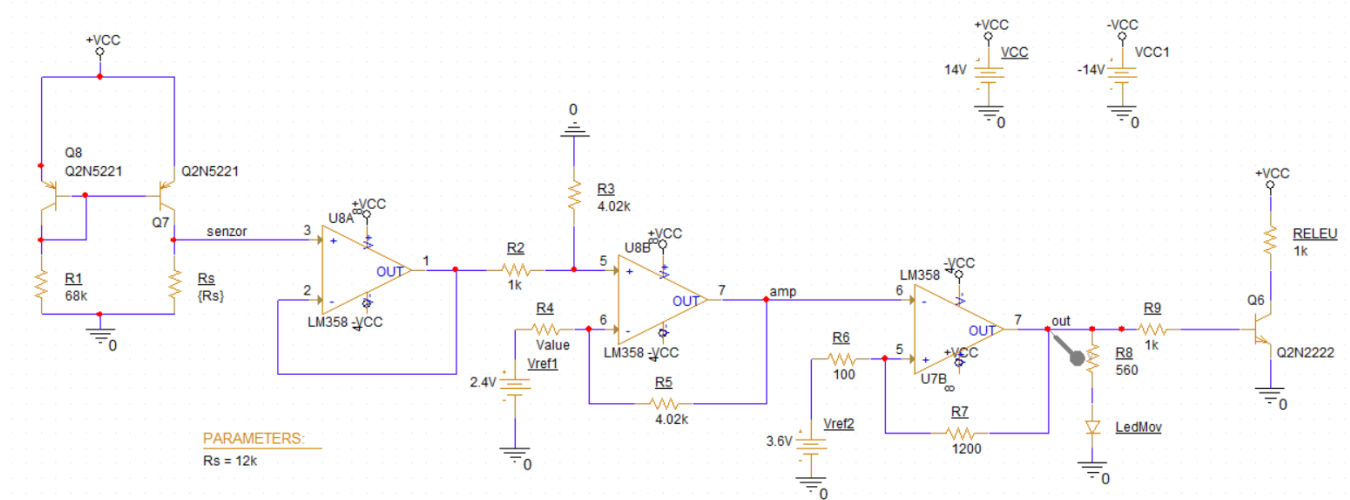


Figura 1. Schema electrică

6. Breviar de calcule

Pentru a dimensiona acest circuit am folosit următoarele formule și am făcut următoarele calcule:

6.1. Oglinda de curent

În primul rând, considerăm curentul $I=200\mu A$.

În al doilea rând, avem că:

$$V_{CC} = V_{EB} + V_{R2}$$

$$V_{RS} = I \cdot R_S$$

Unde:

$$I = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{R_2}$$

Deci, rezistența este:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{I} = 66.5k(68k\Omega)$$

Următorul pas pe care l-am efectuat a fost calculul tensiunii de ieșire.

Căderea de tensiune pe R_S este:

$$V_{RS} = R_S \cdot I$$

$$V_{R_{smin}} = 12k \cdot 200\mu = 2.4V \quad (1)$$

$$V_{R_{smax}} = 27k \cdot 200\mu = 5.4V \quad (2)$$

Din (1) și (2) rezultă variația tensiunii de la ieșire: $V_{out} \in (2.4V, 5.4V)$.

6.2. Amplificatorul diferențial

Tensiunea de intrare este: $V_{out} \in (2.4V, 5.4V)$ (3)

Tensiunea de ieșire trebuie să fie: $V_{out1} \in [0, V_{cc} - 2][V]$.

Alegem $R_2=R_4$ și $R_3=R_5$.

Avem relațiile:

$$v^+ = v^-$$

$$v^+ = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot V_{out} \text{ (divizor de tensiune)}$$

$$v^- = \frac{\frac{V_{ref1} + V_{out1}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} \text{ (Teorema lui Millman)}$$

De unde avem:

$$V_{out1} = \frac{R_5}{R_4} (V_{out} - V_{ref1}) \quad (4)$$

Din (3) și (4) rezultă:

$$0 = \frac{R_5}{R_4} (2.4 - V_{ref1}) \Rightarrow V_{ref1} = 2.4V$$

Și

$$12 = \frac{R_5}{R_4} (5.4 - 2) \Rightarrow \frac{R_5}{R_4} = 4$$

Am ales: $R_4=R_2=1k\Omega$ și $R_5=R_3=4k\Omega$ (4.02 k Ω).

6.3. Comparatorul inversor

Am calculat pragurile folosind următoarele ecuații:

$$V = a \cdot G + b; \quad a = \frac{V_2 - V_1}{G_2 - G_1}; \quad b = V_1 - a \cdot G_1$$

-G fiind greutatea măsurabilă, respectiv containerului.

$$V = 0.075 \cdot G - 1,125$$

$$V_{pj} = 2.25V$$

$$V_{ps} = 4.5V$$

Pentru a dimensiona rezistențele și a afla V_{ref2} avem următoarele formule:

$$V_{pj} = \frac{R_6}{R_7 + R_6} \cdot (-V_{cc}) + \frac{R_7}{R_7 + R_6} \cdot V_{ref2} \quad (5)$$

$$V_{ps} = \frac{R_6}{R_7 + R_6} \cdot V_{cc} + \frac{R_7}{R_7 + R_6} \cdot V_{ref2} \quad (6)$$

Rezistențele vor fi:

$$\frac{R_6}{R_6 + R_7} = 0.08$$

Deci alegem: $R_6 = 100\Omega \Rightarrow R_7 = 1150\Omega(1200\Omega)$.

Apoi din (5) + (6):

$$6.75 = 2 \frac{R_7}{R_6 + R_7} \cdot V_{ref2} \Rightarrow V_{ref2} = 3,6V$$

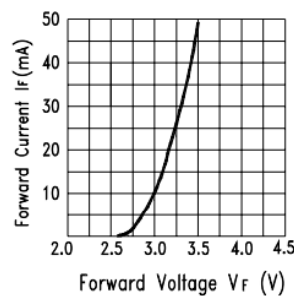
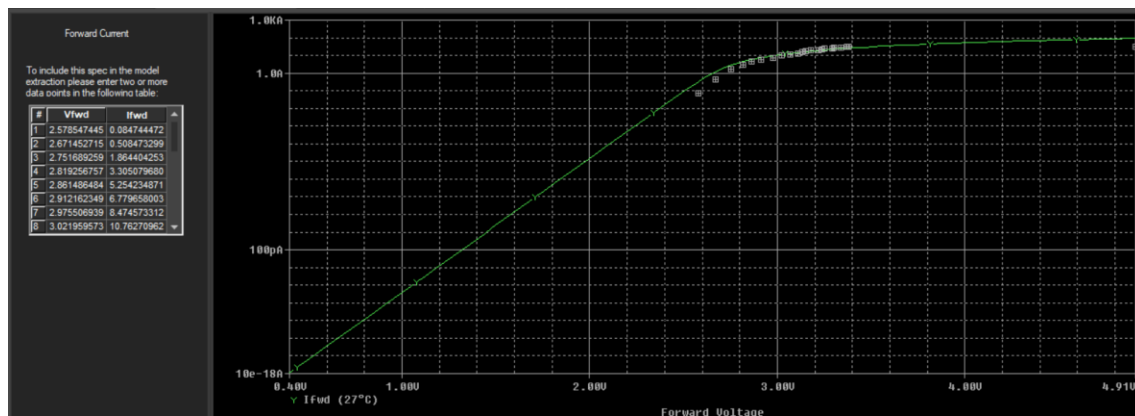
Pentru calculul rezistențelor la care se face bascularea am folosit aproximativ aceeași ecuație:

$$R_s = a \cdot G + b; \quad a = \frac{R_2 - R_1}{G_2 - G_1}; \quad b = R_1 - a \cdot G_1$$

Deci avem : $R_{spj} = 14.7k\Omega$ și $R_{sps} = 17.4k\Omega$.

6.4. LED + Releu

Am modelat o diodă în programul Model Editor. Această diodă are caracteristicile unui LED mov.



Am testat funcționalitatea acestui LED în alt proiect Pspice și am obținut caracteristica $I=f(V)$ următoare, în urma unei analize DC Sweep:

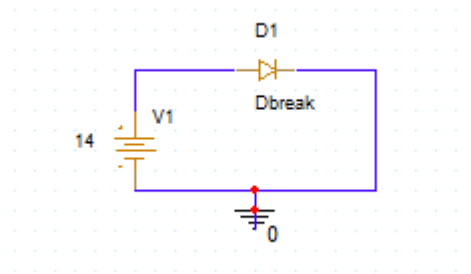


Figura 2. Schema electrică pentru testarea ledului modelat

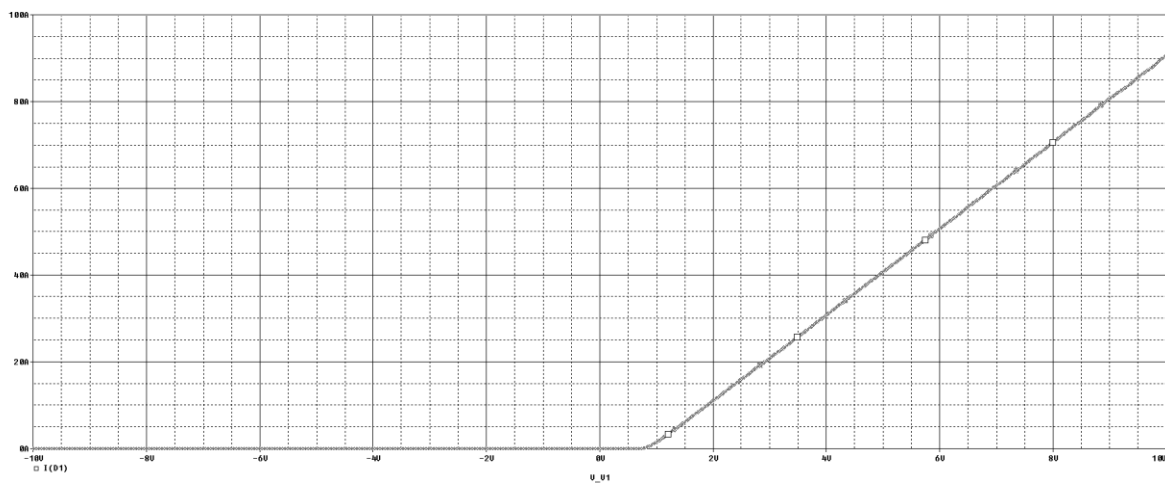


Figura 3. Variația curentului în funcție de tensiunea de pe LED

Iar pentru dimensionarea rezistenței de lângă LED, folosim formula:

$$R_8 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{14 - 2,6}{20m} = 570\Omega \text{ (standard 560 ohmi)}$$

Iar celelalte două rezistențe (R9, rol de protecție, și RELEU) le vom considera de 1kΩ.

7. Simulări

1. Oglinda de curent

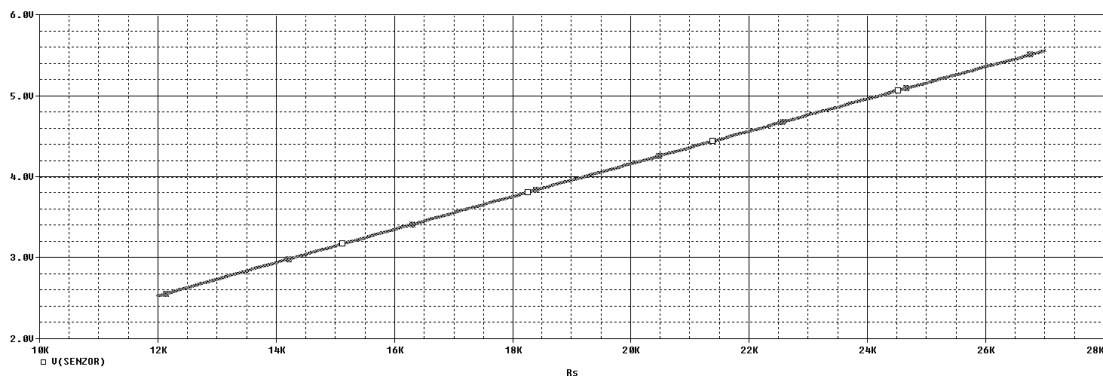
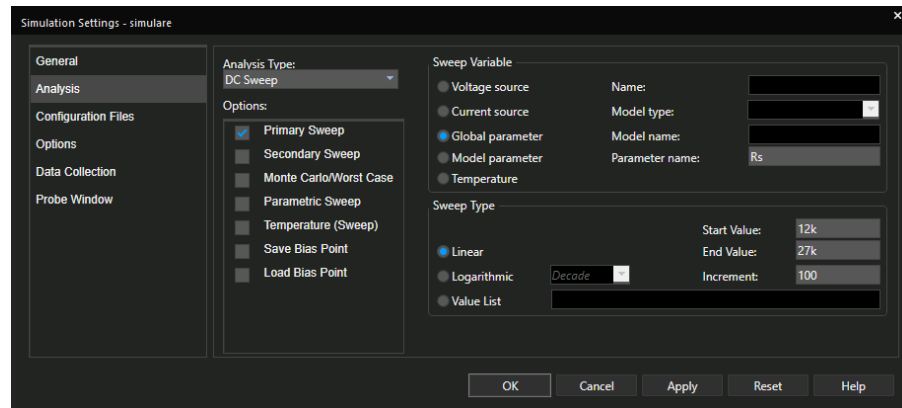


Figura 4. Variația tensiunii în funcție de parametrul global R_s

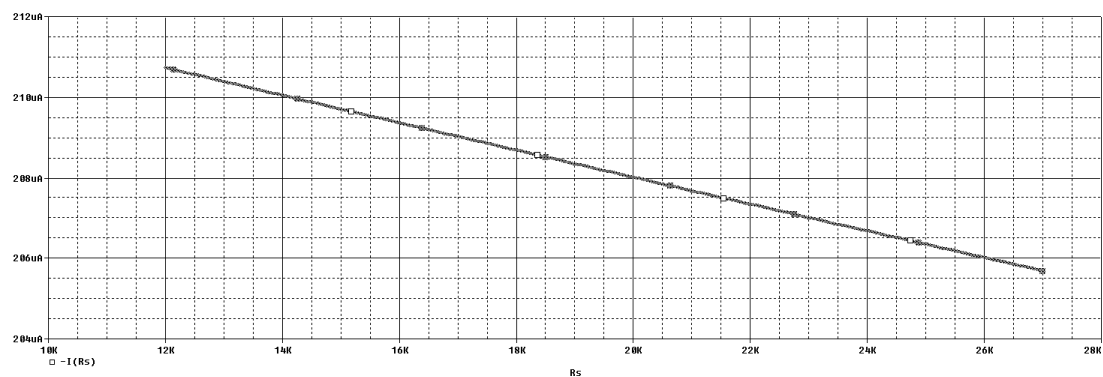


Figura 5. Caracteristica curentului de 200uA din oglindă

2. Repetorul de tensiune

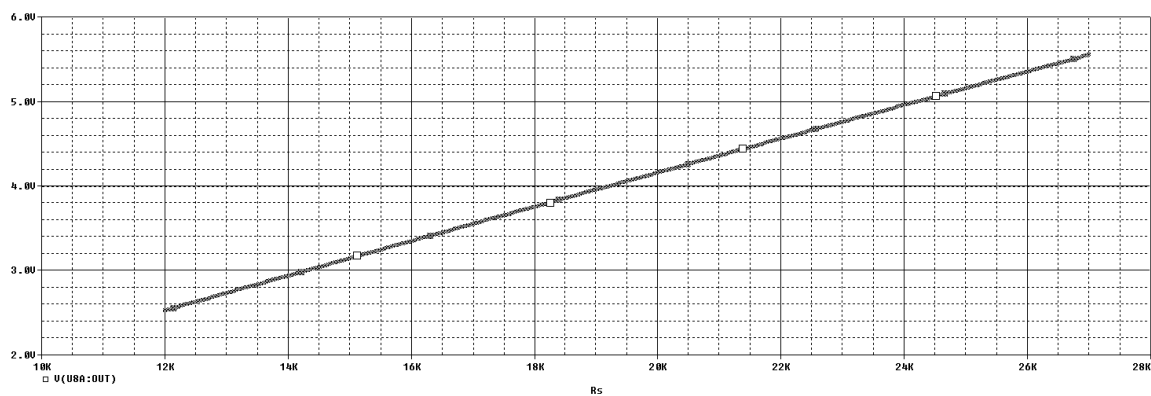


Figura 6. Variația tensiunii în funcție de parametrul global Rs

3. Amplificatorul diferențial

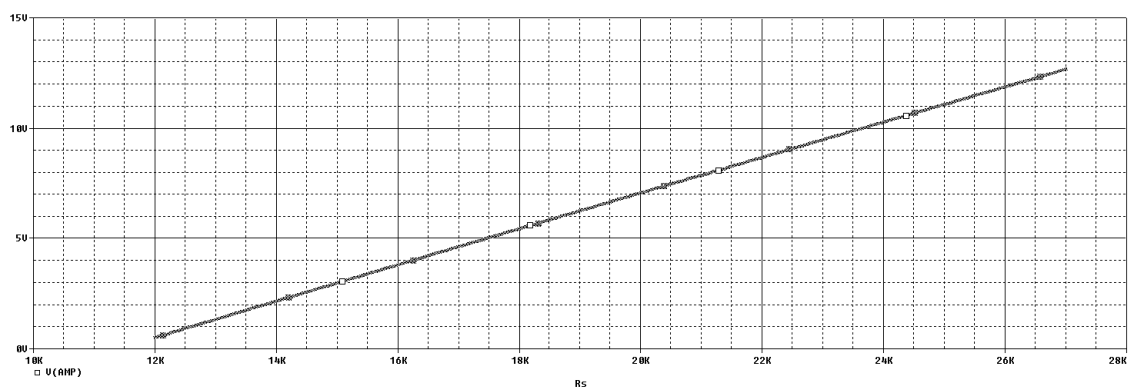


Figura 7. Variația tensiunii în funcție de parametrul global Rs, între 0V și 12V

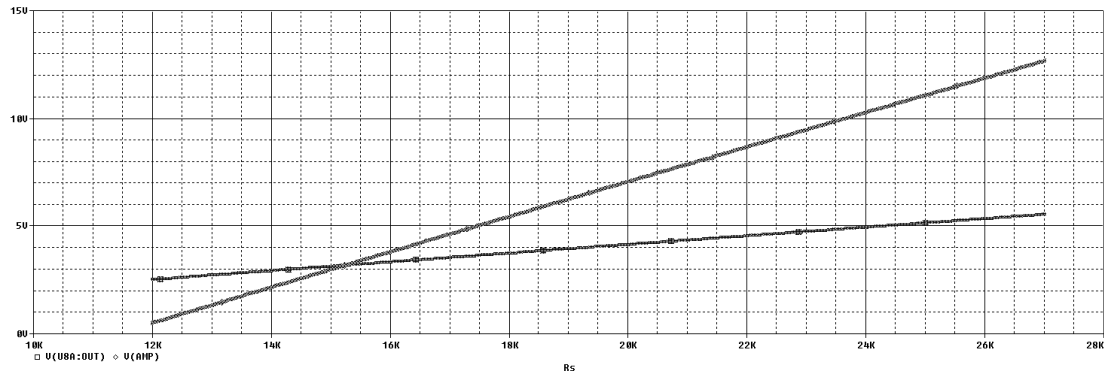


Figura 8. Caracteristicile tensiunii de la ieșirea repetorului și de la ieșirea amplificatorului

4. Comparatorul inversor

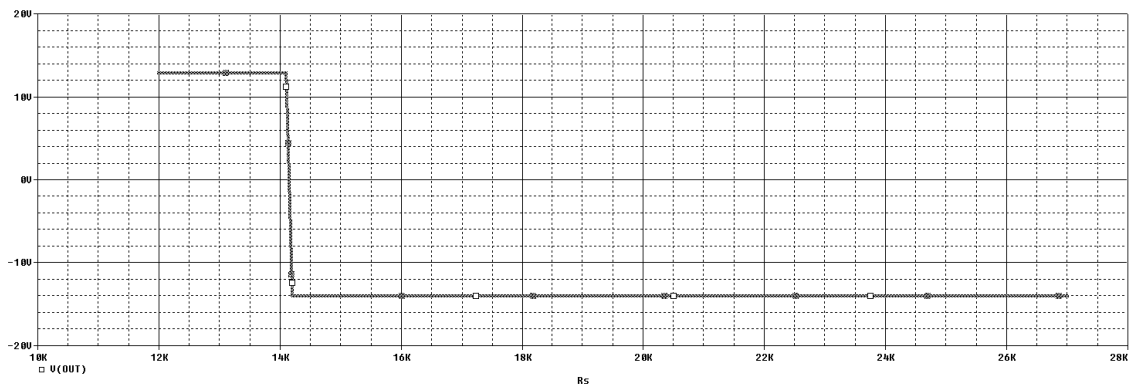


Figura 9. Bascularea la valoarea rezistenței $R_{spj} = 14.7k\Omega$

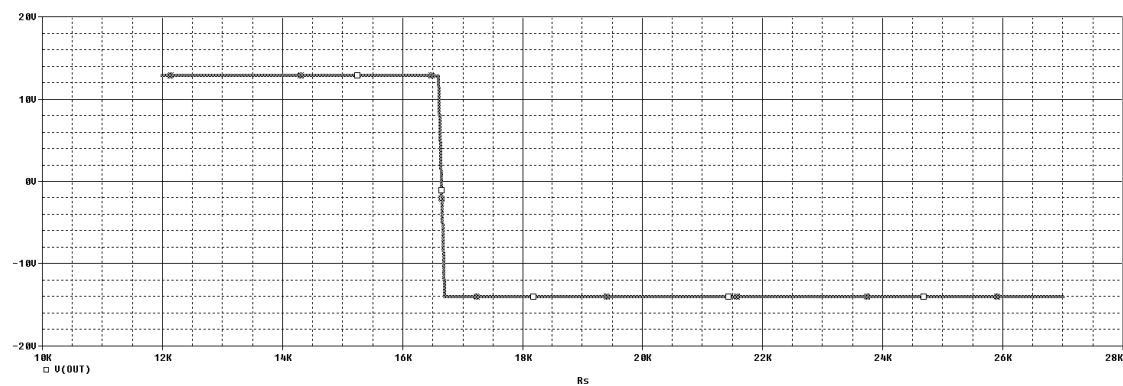


Figura 10. Bascularea la valoarea rezistenței $R_{sps} = 17.4k\Omega$

8. Analiza statistică

8.1. Analiza Monte Carlo în DC

Pentru a vedea cum se comportă circuitul la variația valorilor componentelor sale, am setat toleranța tuturor rezistențelor la 5%, și am realizat această analiză.

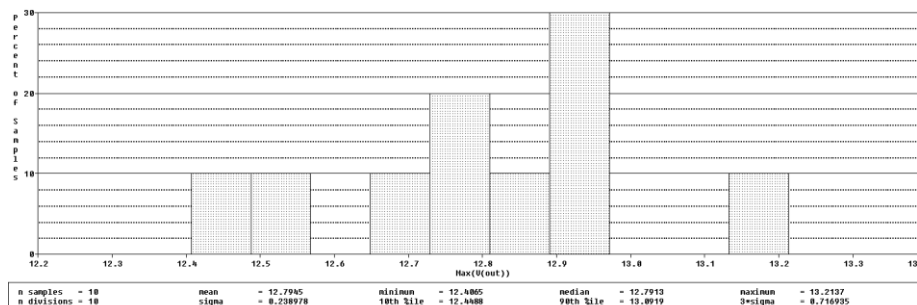
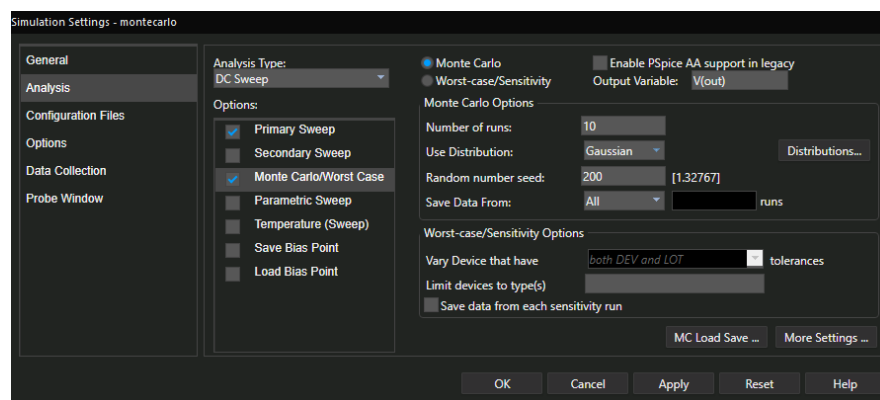
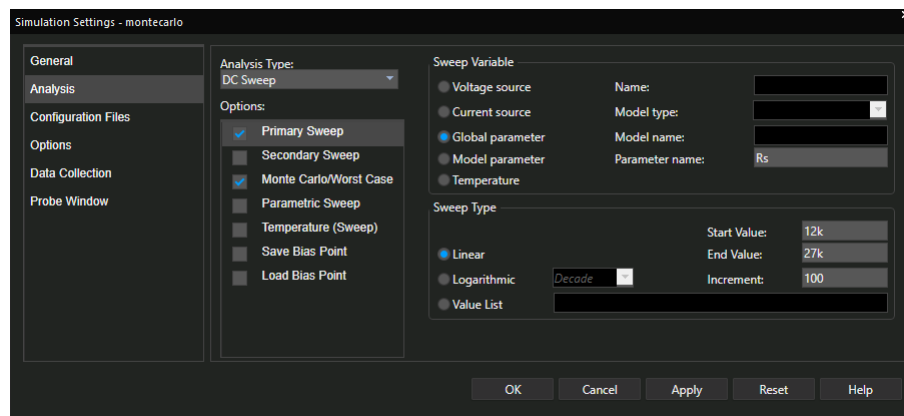


Figura 10. Analiza Monte Carlo

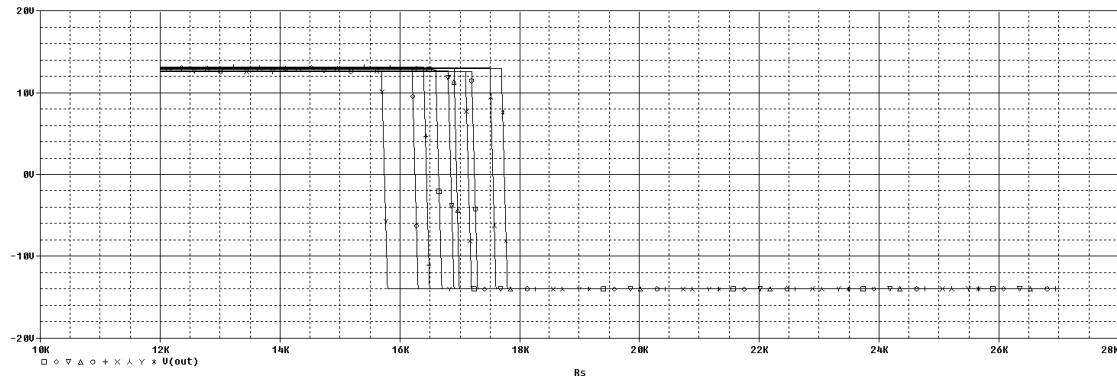
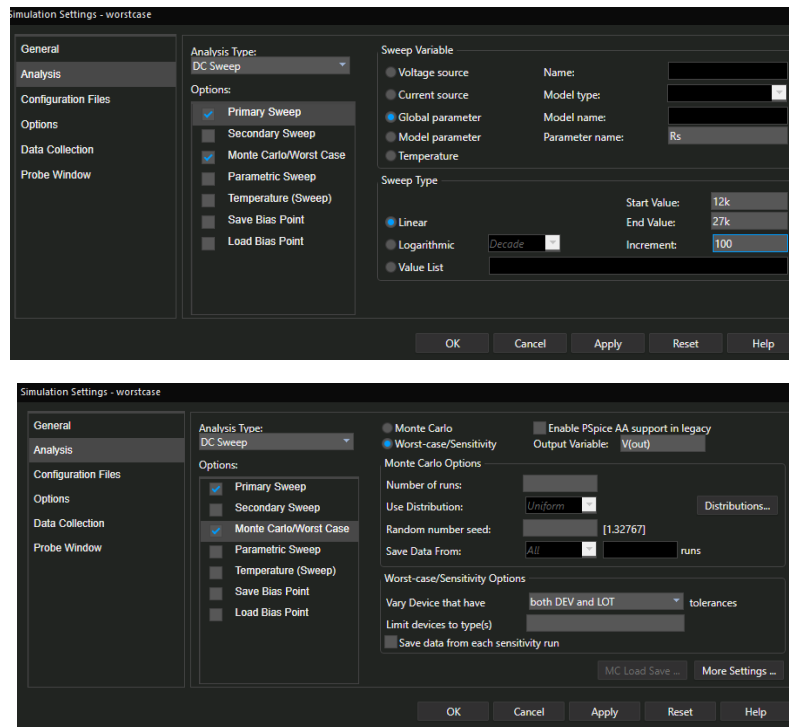


Figura 11. Analiza Monte Carlo

8.2. Analiza Worst Case în DC



Rezultă acest grafic:

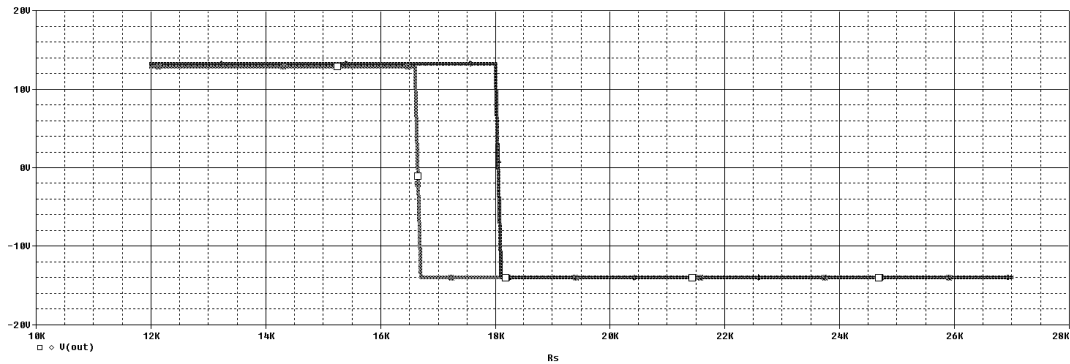


Figura 12. Analiza Worst Case

Și mai rezultă și aceste concluzii:

WORST CASE ALL DEVICES				
Device	MODEL	PARAMETER	NEW VALUE	
R_R2	R_R2	R	1.05	(Increased)
R_R3	R_R3	R	.95	(Decreased)
R_R4	R_R4	R	1.05	(Increased)
R_R5	R_R5	R	.95	(Decreased)
R_R6	R_R6	R	1.05	(Increased)
R_R7	R_R7	R	1.05	(Increased)
R_R8	R_R8	R	1.05	(Increased)
R_RELEV	R_RELEV	R	.95	(Decreased)
R_R9	R_R9	R	1.05	(Increased)
R_R1	R_R1	R	1.05	(Increased)

WORST CASE SUMMARY	
Mean Deviation =	27.192
Sigma =	0
RUN	MAX DEVIATION FROM NOMINAL
WORST CASE ALL DEVICES	
27.192 higher at Rs = 16.7000E+03	
[-94.454% of Nominal]	

Am observat că în cazul cel mai defavorabil , există o deviație de 94.454% față de valoarea nominală a componentelor.

8. Bibliografie

- <http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/cef/>
- <http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/>
- <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/E-Textiles/Lilypad/Purple%20LEDs%20HT15-2102UPC.pdf>
- Curs & Laborator - “Tehnici CAD”