

Proiect Tehnici CAD

CIRCUIT PENTRU CONTROLUL GREUTĂȚII UNUI CONTAINER

Trofin Iuliana-Denisa

Grupa 2124/2

CUPRINS

1. Specificații de proiectare	3
2. Principiul de proiectare.....	4
3. Schema bloc a circuitului.....	5
4. Proiectarea circuitului.....	6
A. Oglinda de curent.....	6
B. Repetor de tensiune.....	9
C. Amplificator de tensiune.....	11
D. Comparator.....	14
E. LED.....	16
F. Ansamblu pompă-releu.....	19
5. Schema electrică completă a circuitului	21
6. Analize de performanță.....	23
6.1. Analiza Monte Carlo.....	23
6.2. Analiza Worst-Case.....	25
7. Bibliografie.....	26

1. Specificații de proiectare

Cerință proiect:

Să se proiecteze un sistem de control al greutateii 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 liniar 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.

Domeniul de greutate măsurabil [kg]	Greutatea containerului [kg]	Rezistența Senzorului [KOhm]	V _{cc} [V]	Culoare LED
15...150	45-100	3k – 13k	18	galben

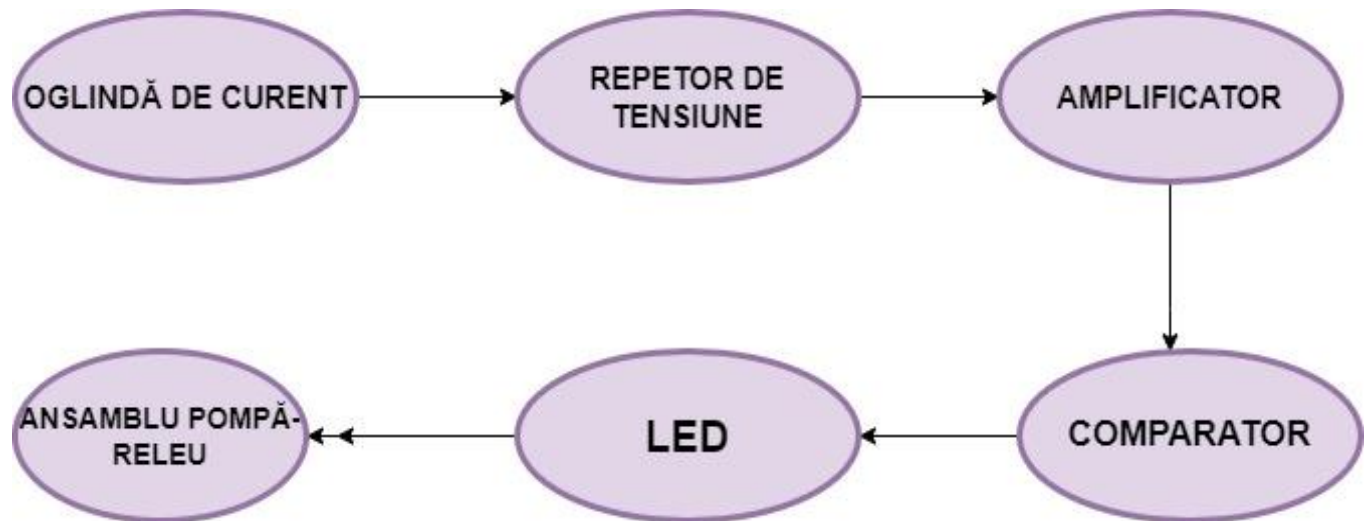
2. Principiul de funcționare

Pentru a proiecta un circuit pentru controlul greutății unui container avem nevoie de mai multe componente electronice.

În primul rând, avem nevoie de o rezistență variabilă care să simuleze senzorul și cu ajutorul căreia să putem simula variația greutății.

Deoarece avem o variație liniară a rezistenței electrice a senzorului cu greutatea, vom polariza rezistența în curent continuu folosind o oglindă de curent, care ne va genera un curent continuu. În funcție de variația tensiunii de pe rezistență, vom determina un interval de tensiune în care senzorul funcționează conform specificațiilor. Variația de tensiune va trebui să fie amplificată, astfel încât să poată fi convertită în domeniul specificat – $(0, V_{cc}-2)$, adică $(0, 16V)$. De asemenea, pentru a putea semnaliza starea pompei cu ajutorul LED-ului, trebuie să folosim un circuit care ne compară semnalul cu tensiunile de prag a senzorului deja amplificate. Ansamblul pompă-releu care se va modela cu ajutorul unui rezistor va fi comandat cu ajutorul unui tranzistor cu rol de comutator.

3. Schema bloc a circuitului



4. Proiectarea circuitului

A. Oglinda de curent

O oglindă de curent este un circuit conceput pentru o copia curentul de la intrarea acesteia la ieșire, menținând un curent constant.

Am ales o oglindă de curent cu 2 tranzistoare bipolare pnp și cu 3 rezistențe + rezistența de senzor.

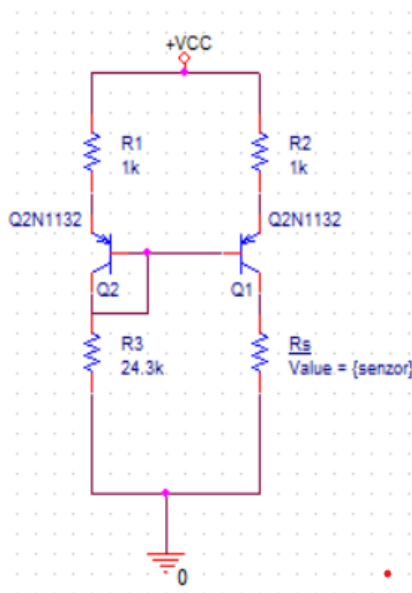


Figura 1. Schema electrică a oglinzii de curent

Pentru început, am calculat valoarea curentului la ieșirea oglinzii de curent, cu ajutorul Legii lui Ohm, subliniată în relația (1) :

$$I = \frac{V}{R_{smin}} \quad (1)$$

unde $V = 2V$, iar R_{smin} este rezistența minimă prezentată în specificațiile de proiectare.

În concluzie, valoarea curentului este de $0.66mA$.

Valorile pentru rezistențele $R1$ și $R2$ le-am ales de $1k\Omega$, iar valoarea pentru $R3$ am calculat-o conform formulei (2) :

$$R3 + R1 + R2 = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{I} \quad (2)$$

de unde rezultă că $R3$ are o valoare de aproximativ $24.3k\Omega$.

În continuare am creat un profil de simulare DC Sweep.

Sursa de tensiune este cea specificată în cerință, V_{cc} , cu valoarea de $18V$, R_s reprezintă senzorul de greutate cu valoarea unui parametru global, senzor, ce variaza între $3k$ și $13k\Omega$ și are increment de $1k$ – acest lucru este prezentat în Figura2.

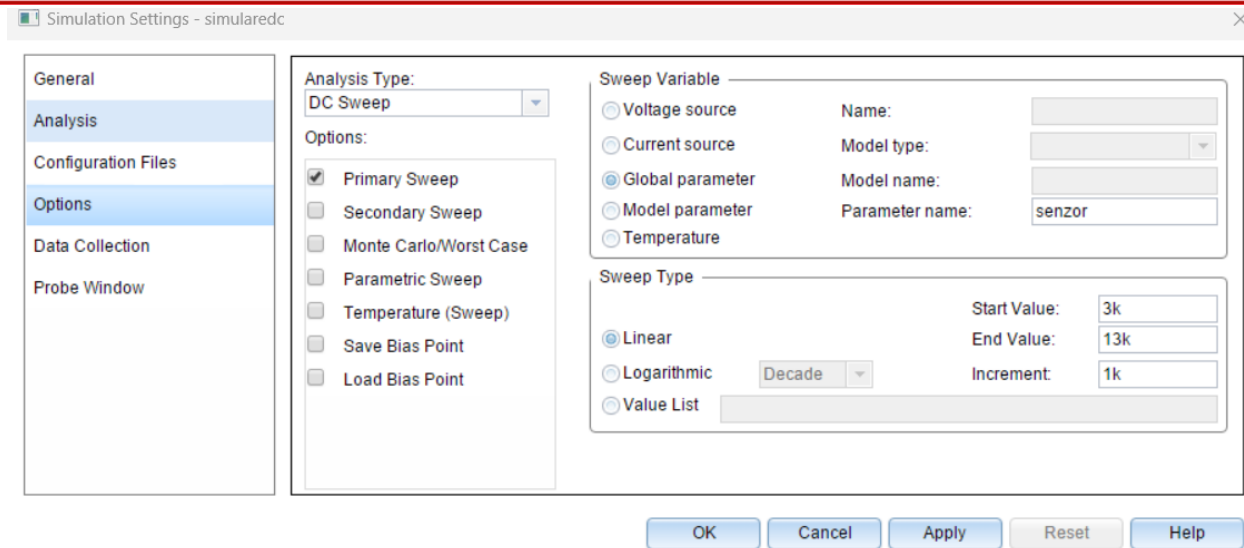


Figura 2. Analiză DC SWEEP cu parametru global

În urma simulării, putem observa caracteristica de curent de la ieșirea oglinzii, curent care rămâne aproximativ constant chiar dacă rezistența senzorului variază. Pentru a vizualiza această caracteristică, am plasat un marker de curent pe unul dintre pinii rezistenței senzorului.

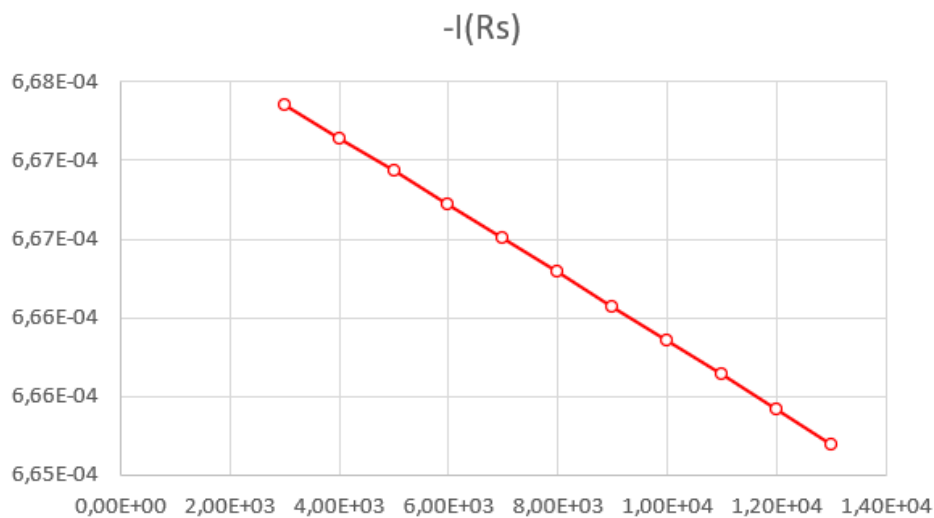


Figura 3. Caracteristica de curent cu variația rezistenței senzorului

Cu ajutorul Legii lui Ohm, calculăm tensiunea minimă, respectiv tensiunea maximă în funcție de valoarea minimă și maximă a rezistenței de senzor:

$$V_{rsmin} = I \times R_{min} = 1.98V \quad (3)$$

$$V_{rsmax} = I \times R_{max} = 8.58V \quad (4)$$

Aceste calcule se reflectă și în Figura4:

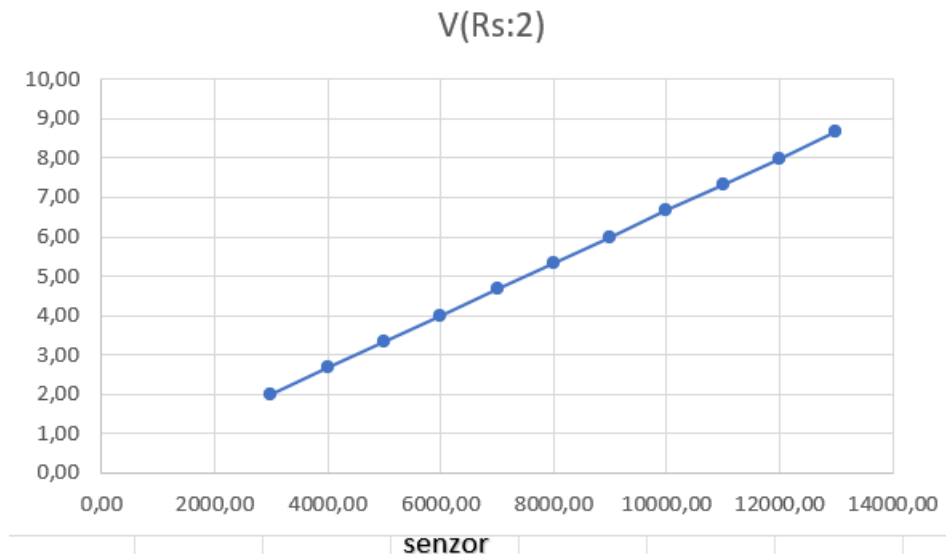


Figura4. Caracteristica de variație a tensiunii de pe senzor în funcție de variația rezistenței

B. Repetor de tensiune

Conexiunea repetor constituie un caz particular de AO neinvertor, în care întreaga tensiune de ieșire este adusă la intrarea inversoare prin conectare directă.

Principala utilizare a repetorului în proiectarea acestui circuit este adaptarea de impedanță.

În Figura 5, este prezentat un circuit repetor alcătuit dintr-un amplificator operațional UA798. Alimentarea acestui AO este formată din alimentarea întregului circuit, anume – V_{cc} și $-V_{cc}$ cu valori de $-18V$ și $+18V$.

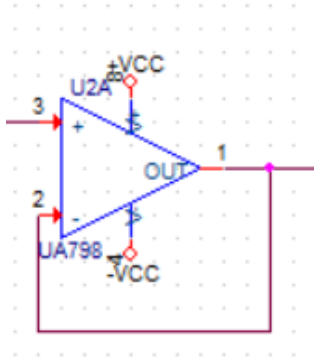


Figura 5. Repetor de tensiune

În figura de mai jos este prezentat ansamblul format dintre oglinda de curent și repetorul de tensiune cu AO.

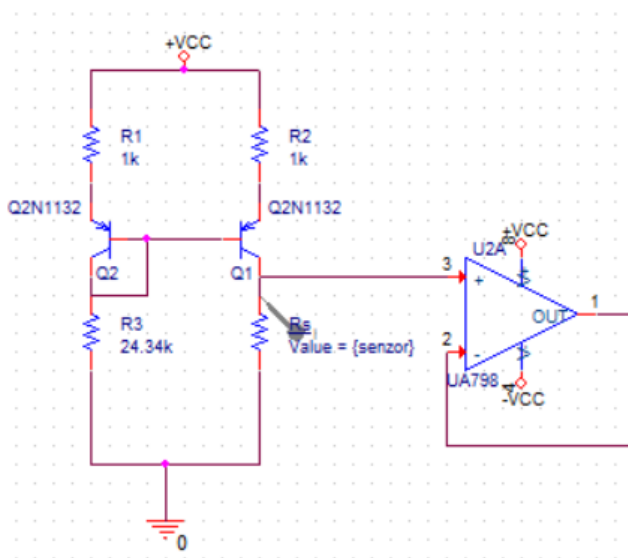


Figura 6. Ansamblu oglinda de curent – repetor

Verificăm în continuare dacă repetorul de tensiune cu AO funcționează corect, adică dacă căderea de tensiune de la ieșirea oglinzii – reprezentată de culoarea portocalie, respectiv căderea de tensiune de la ieșirea repetorului – reprezentată de culoarea albastră sunt egale.

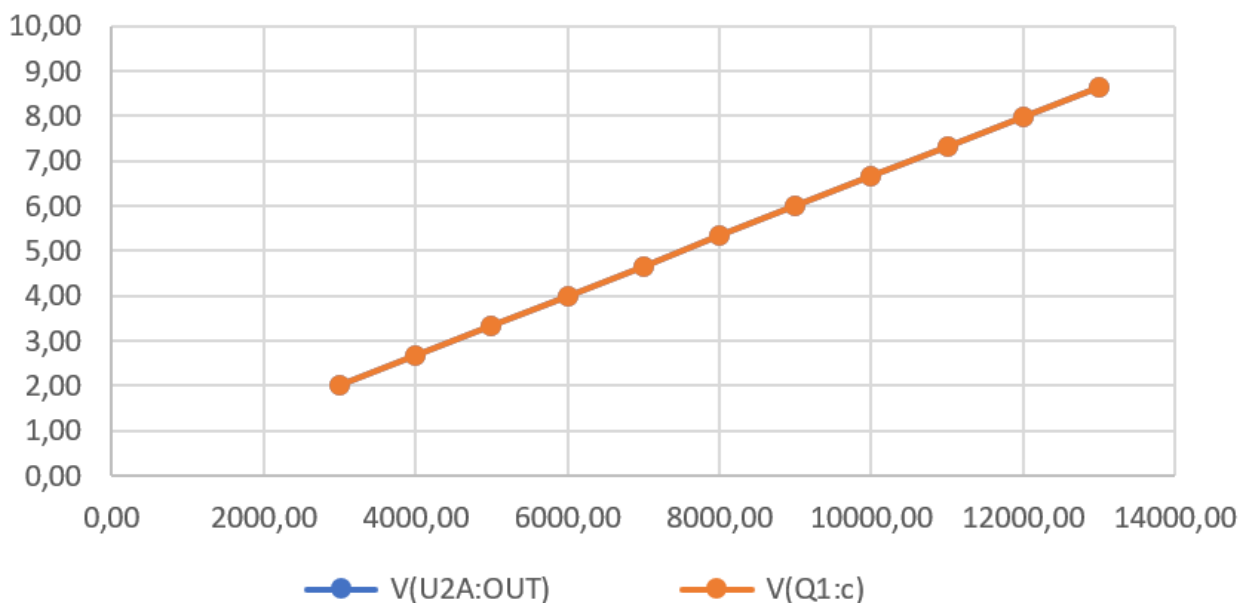


Figura 7. Caracteristicile de ieșire a tensiunii de la ieșirea oglinzii și de la ieșirea repetorului

C. Amplificator diferențial

Pentru a converti intervalul de tensiune (1.98V, 8.58V) de la ieșirea repetorului de tensiune la intervalul (0, 16V) vom utiliza un amplificator diferențial, am ales modelul UA798.

Avem nevoie de o tensiune de referință V_{refAO} , a cărei valoare am ales-o 2V și pe care am realizat-o cu ajutorul unui divizor de tensiune, dimensionat cu ajutorul formulei (5) și marcat în Figura 9. De asemenea, am utilizat și un repetor de tensiune pentru a compensa scăderea semnalului datorat divizării tensiunii și pentru a asigura o adaptare mai bună a impedențelor între divizorul de tensiune și sarcina conectată.

$$\frac{R_{11}}{R_{10}+R_{11}} \times V_{cc} = V_{refAO} \quad (5)$$

Am ales $R_{11} = 1k\Omega$, iar din calcul rezultă o valoare pentru R_{10} de $8k\Omega$.

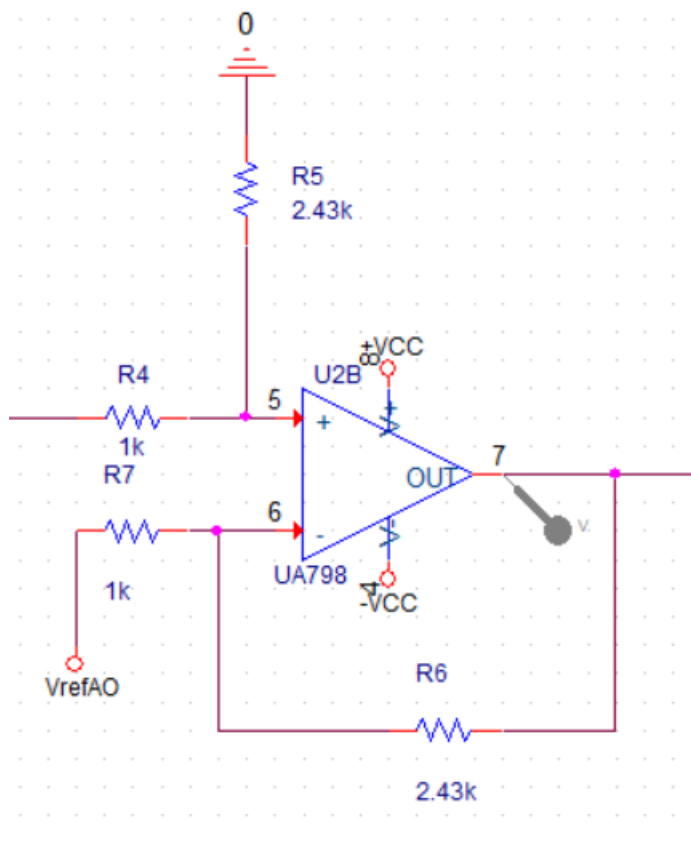


Figura 8. Schema amplificatorului diferențial

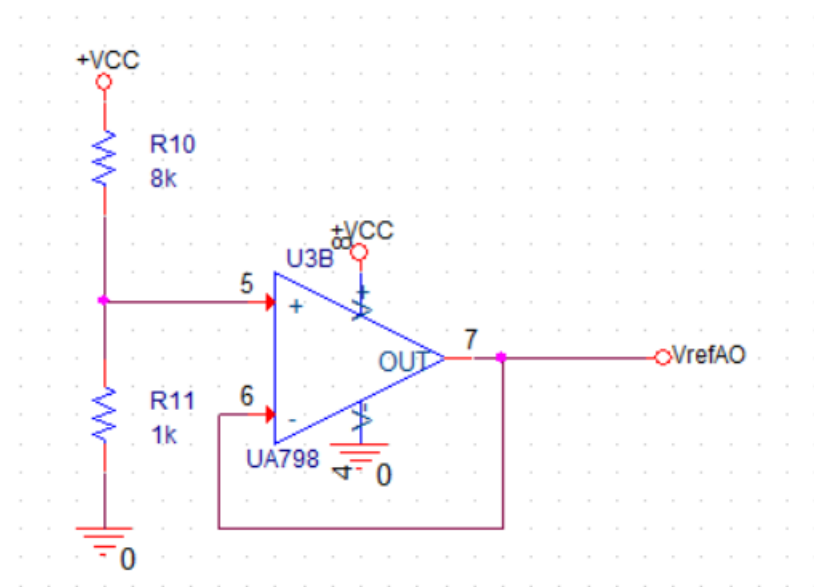


Figura 9. Schema divizorului de tensiune

Dimensionăm amplificatorul operațional cu ajutorul formulei (6) :

$$V_o = \frac{R_7}{R_6} (V_{rsmax} - V_{ref}) \quad (6)$$

Am ales $R_4 = R_6 = 1k\Omega$ și de aici rezultă $R_5 = R_7 = 2.43k\Omega$

În Figura 9 este prezentat circuitul format din oglinda de curent, repetorul de tensiune și amplificatorul operațional :

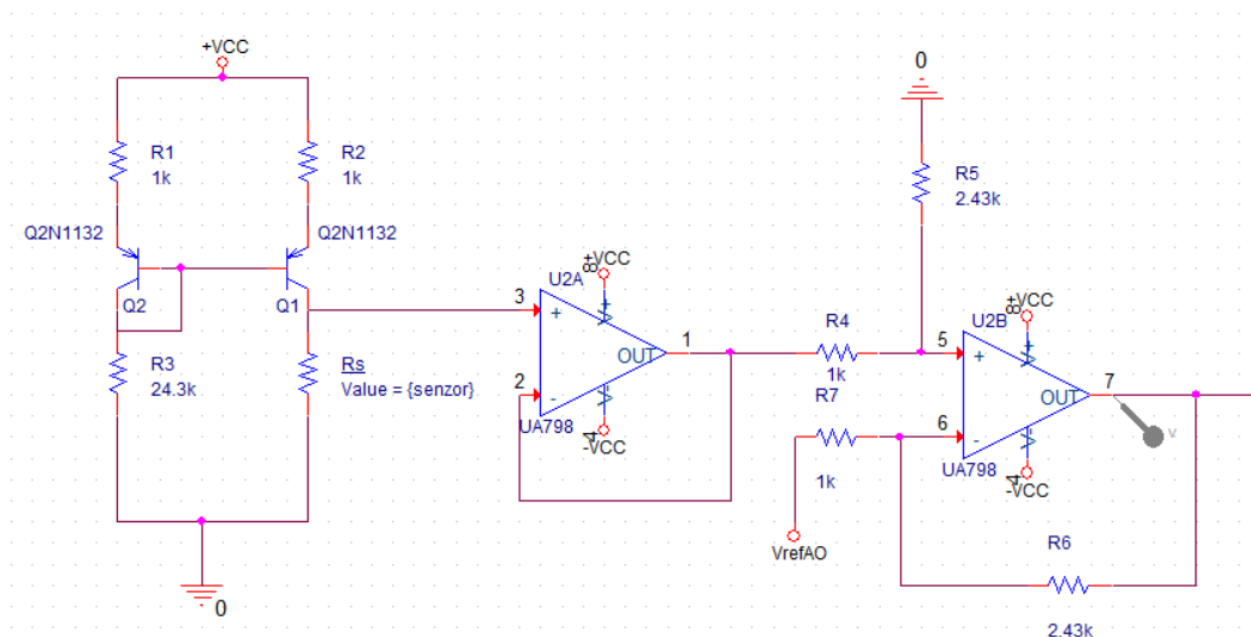


Figura 10. Schema formată din oglinda de curent, repetor și AO

Din simularea de mai jos, de tip DC Sweep, putem observa translația intervalului de tensiune de la (1.98V, 8.58V) – reprezentat de culoarea portocalie - la intervalul cerut în specificații – (0, 16V) – reprezentat de culoarea albastră. Așadar, amplificatorul diferențial utilizat funcționează corect, conform specificațiilor de proiectare.

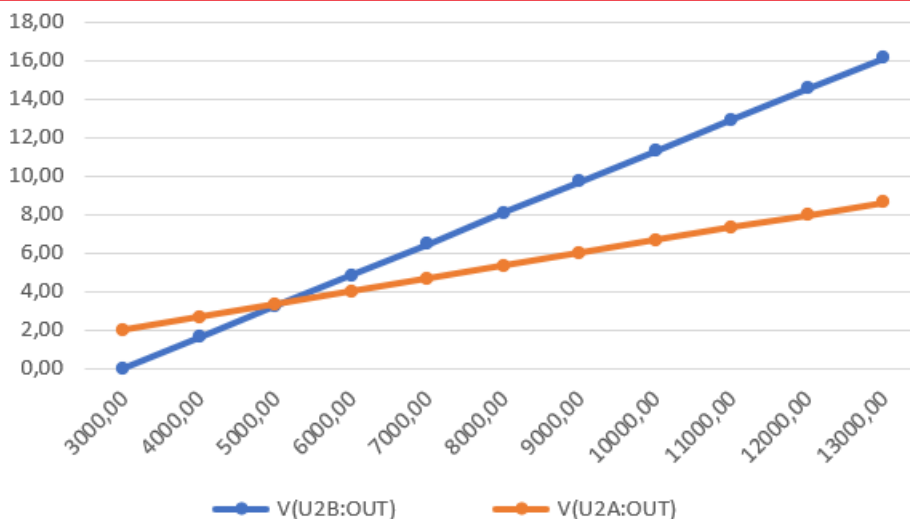


Figura 11. Caracteristicile tensiunii de la ieșirea repetorului și de la ieșirea amplificatorului

D. Comparator

Senzorul de greutate al circuitului electronic este capabil să măsoare greutate cuprinse între 15 kg și 150 kg însă greutatea containerului trebuie să fie cuprinsă în intervalul [45kg, 100kg].

Pentru a determina cele două praguri ale comparatorului avem nevoie de o formă a ecuației de gradul I :

$$X \times m + Y = V_o \quad (7)$$

, unde A, B sunt necunoscute, m reprezintă masa – domeniul măsurabil fiind (15kg, 150kg), iar V_o este intervalul de tensiune de la ieșirea amplificatorului (0, 16V)

Rezolvând ecuația, obținem $X = 0.118$ și $Y = -1.77$

$$0.118 \times 45\text{kg} - 1.77 = 3.54\text{V} \quad (8)$$

$$0.118 \times 100\text{kg} - 1.77 = 10.03\text{V} \quad (9)$$

Deci, în urma calculelor, rezultă că $V_{pj} = 3.54\text{V}$ și $V_{ps} = 10.03\text{V}$

Am utilizat un divizor de tensiune pentru tensiunea de referință V_{ref} a comparatorului, a cărei valoare am obținut-o în urma calculelor ce reies din următoarelor formule :

$$\frac{R_{13}}{R_{13}+R_{12}} \times V_{cc} = V_{ref} \quad (10)$$

$$V_{ps} = \frac{-R_8}{R_9} \times V_{ol} + \left(1 + \frac{R_8}{R_9}\right) \times V_{ref} \quad (11)$$

$$V_{pj} = \frac{-R_8}{R_9} \times V_{oh} + \left(1 + \frac{R_8}{R_9}\right) \times V_{ref} \quad (12)$$

$$V_{pj} - V_{ps} = \frac{R_8}{R_9} (V_{ol} - V_{oh}) \quad (13)$$

Expresia (13) reprezintă diferența dintre tensiunea de prag jos, respectiv tensiunea de prag sus, iar prin alegerea valorii lui R_8 de 1kOhm, obținem valoarea lui R_9 de 5.55kOhm, iar prin înlocuirea rezistențelor R_8 , R_9 în expresia (12) ajungem la o valoare de 5.74V pentru tensiunea de referință V_{ref} .

De asemenea, utilizăm formula (10) pentru a afla valorile pentru cele două rezistențe din divizorul de tensiune – $R_{13} = 1k\Omega$ și $R_{12} = 2.13k\Omega$.

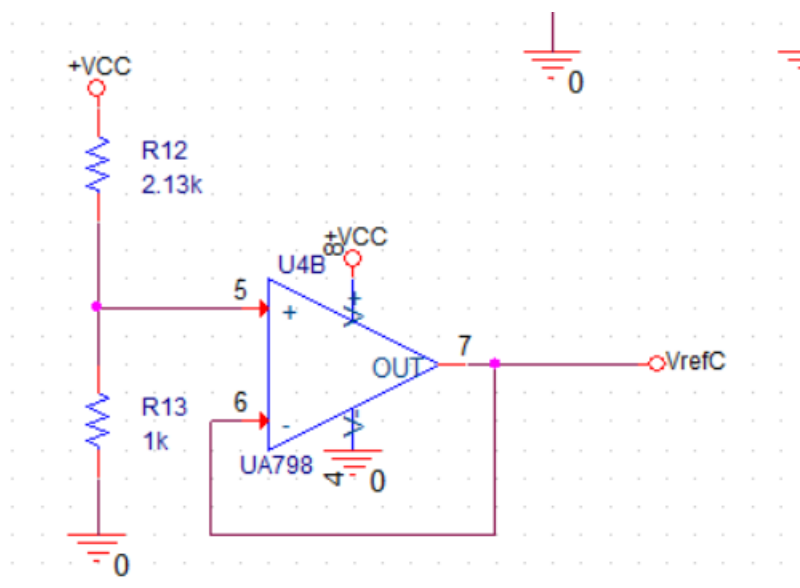


Figura 12. Divizor de tensiune pentru V_{ref} a comparatorului

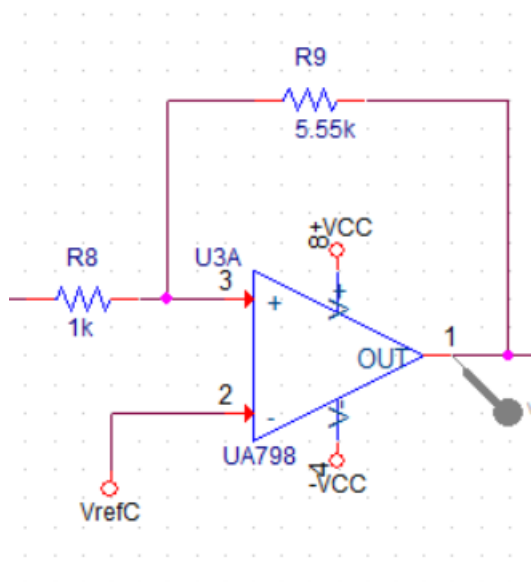


Figura 13. Schema comparatorului neinversor, construit cu UA798

Pentru a evidenția comportarea circuitului de comparare cu AO, am folosit aceeași analiză DC Sweep cu parametru global – cu valoare de start de 3k, valoare de stop de 13k și increment de 1k, rezultând o parte a unei histereze.

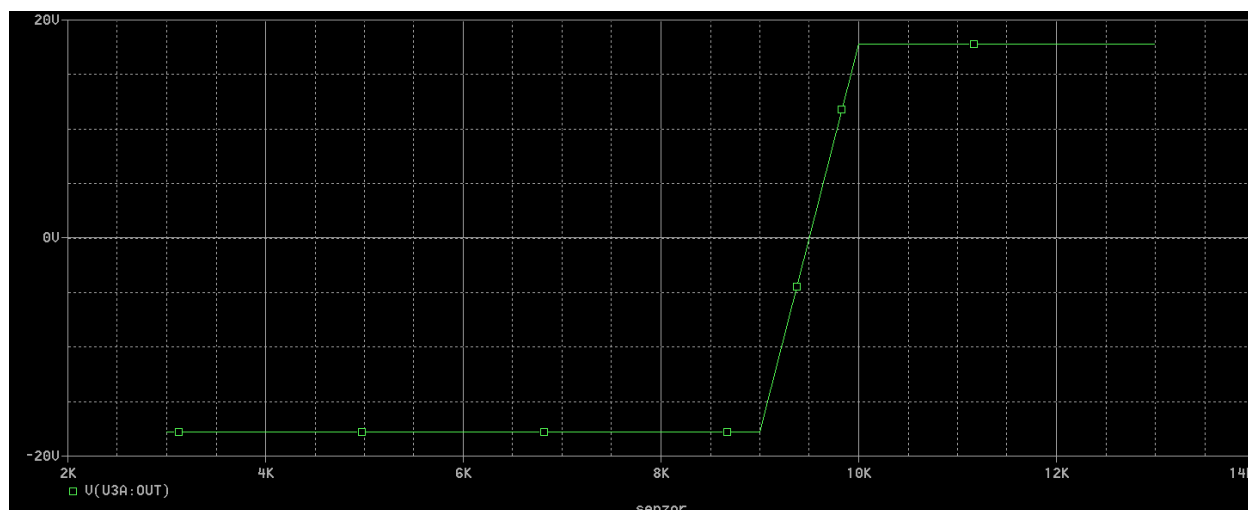


Figura 14. Caracteristica tensiunii în funcție de rezistența de senzor

E. LED

Semnalizarea funcționării circuitului este realizată cu ajutorul unui led de culoare galbenă conectat la ieșirea comparatorului, precum este scris în specificațiile de proiectare.

Modelul de LED pe care l-am ales se numește Super Bright Amber Yellow LED, în fișa tehnică fiind prezentate toate specificațiile acestuia, precum și caracteristica directă, importantă în modelarea lui.

Rezistența R15 are valoarea de 650Ohm , obținută în urma aplicării formulei (14) - aceasta are rol de protecție.

$$R15 = \frac{V_{cc} - V_d}{I_d} \quad (14)$$

, unde I_d și V_d sunt valori prezentate în fișa tehnică, de 20mA, respectiv 5V



Figura 15. Schema LED

Modelarea LED-ului

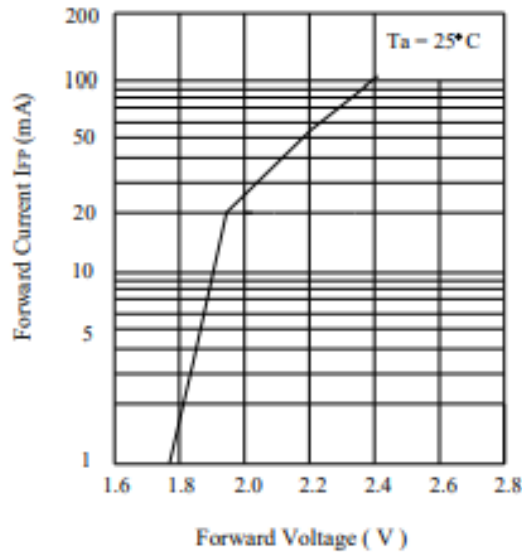


Figura 16. Caracteristica directă a ledului, din fișa tehnică

Am ales să încep modelarea LED-ului galben în aplicația Plotdigitizer, unde am extras aproximativ 20 puncte de pe grafic, iar apoi am translatat caracteristica de curent și tensiune în PSpice Model Editor, care se poate vizualiza în Figura 16.

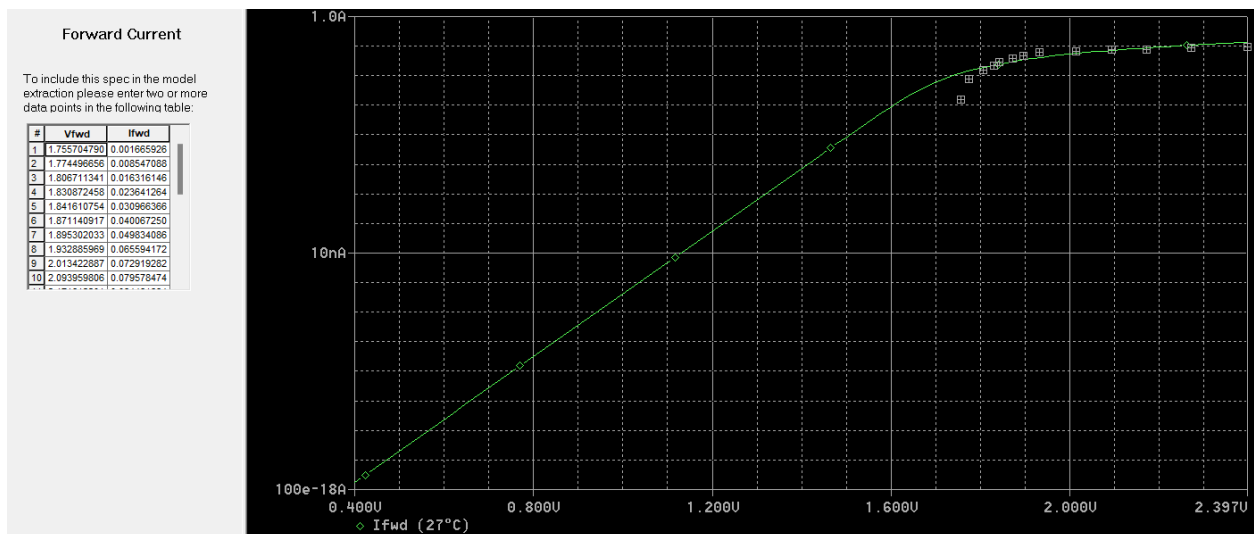


Figura 17. Variația tensiunii și a curentului pe LED

În continuare, am urmat mai mulți pași pentru a modela și importa ledul galben în proiect.

	A
	SCHEMATIC1 : PAGE1
AREA	
Color	Default
Designator	
Graphic	Dbreak.Normal
ID	
Implementation	yellowLed
Implementation Path	C:\Users\denis\Desktop\...
Implementation Type	PSpice Model
Location X-Coordinate	770
Location Y-Coordinate	280
Name	INS11564
Part Reference	D1
PCB Footprint	
Power Pins Visible	<input type="checkbox"/>
Primitive	DEFAULT
PSpiceOnly	TRUE
PSpiceTemplate	D*@REFDES %1 %2 @MOE
Reference	D1
Source Library	C:\CADENCE\SPB_17.2\...
Source Package	Dbreak

Figura 18.

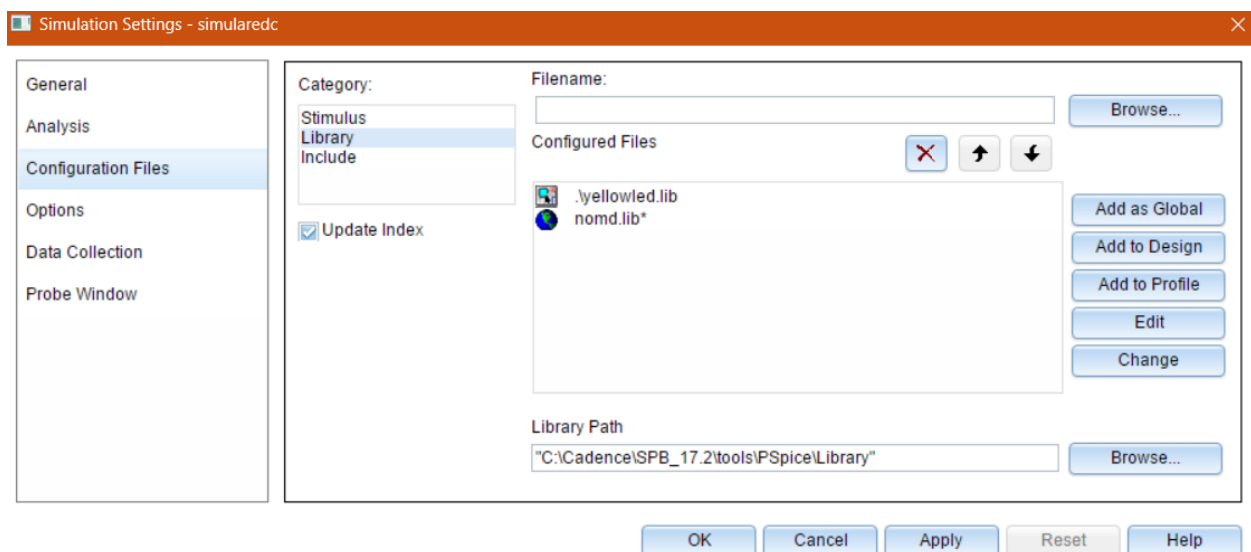


Figura 19.

F. Ansamblul pompă-releu

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.

Ansamblul pompă-releu care se va modela cu ajutorul unui rezistor va fi comandat cu ajutorul unui tranzistor cu rol de comutator.

Valoarea pentru R16, care reprezintă chiar releul, a rezultat în urma aplicării legii lui Ohm, prezentată în expresia (15) și este de 865Ohm.

$$R16 = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I} \quad (15)$$

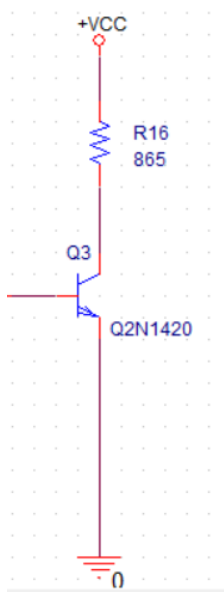


Figura 20. Ansamblul pompă-releu

5. Schema electrică completă a circuitului

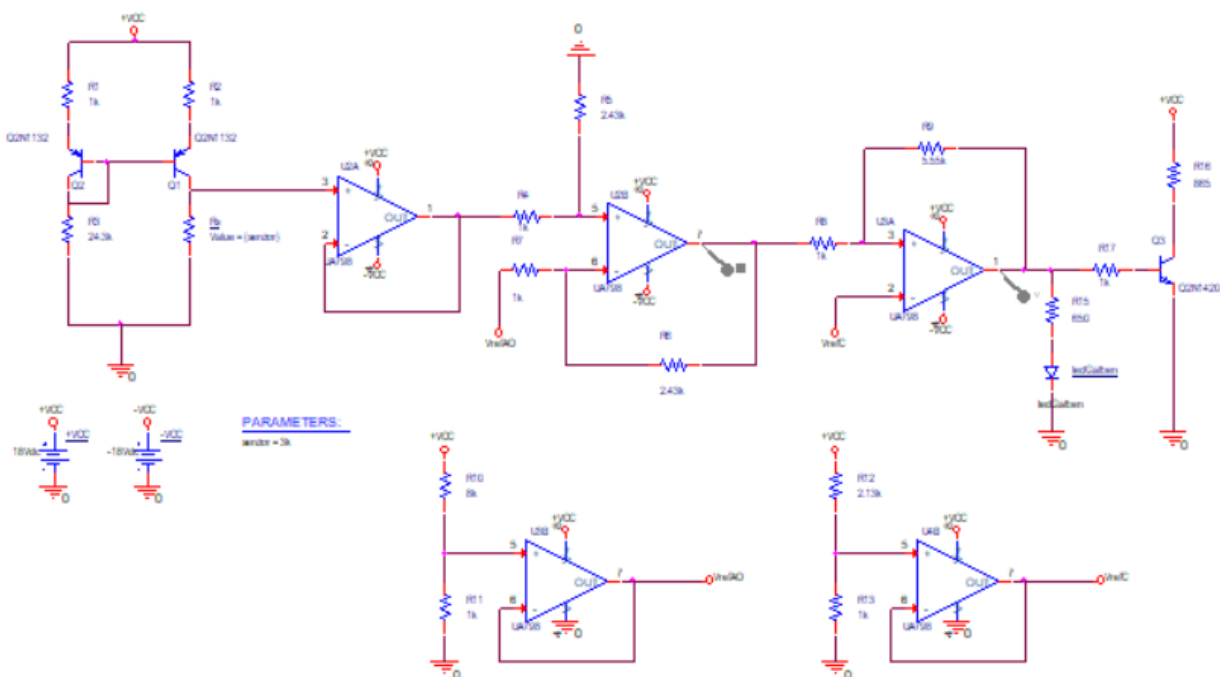


Figura 21. Schema electrică a circuitului cu rezistențe ideale

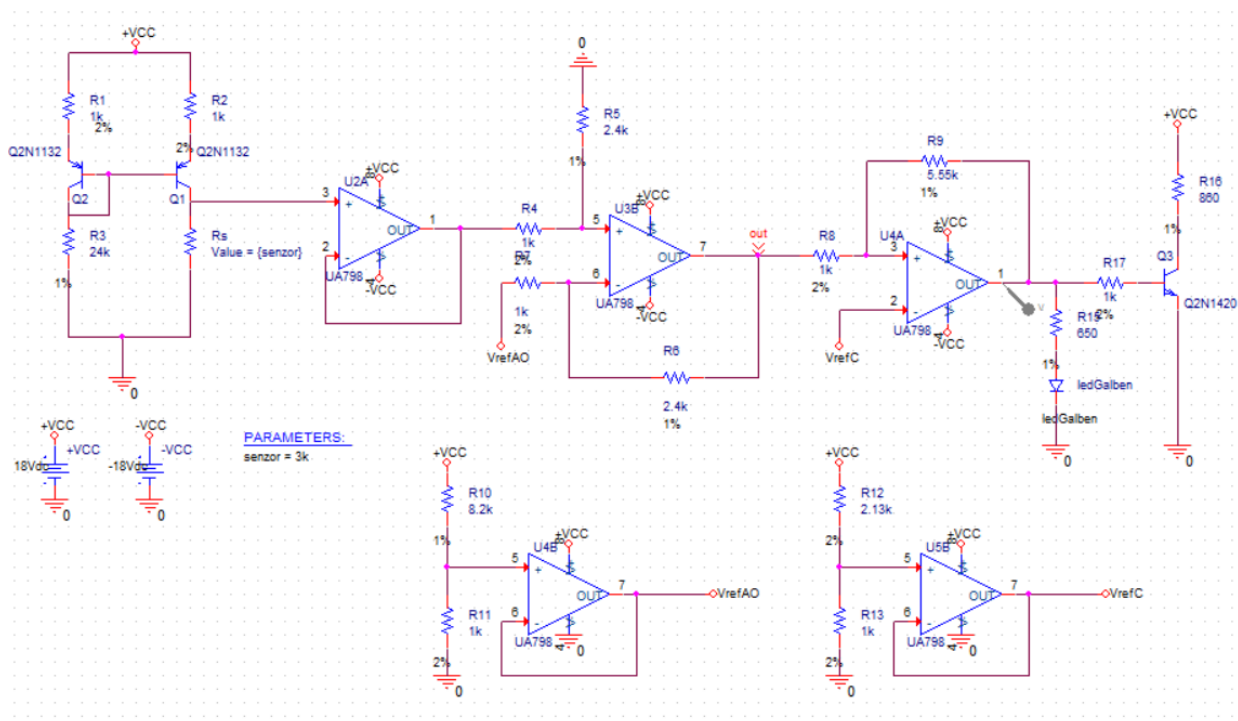


Figura 22. Schema electrică a circuitului cu rezistențe ce au toleranțe de 1% sau 2%

6. Analize de performanță

Analiza Monte Carlo – constituie 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. Această analiză este foarte utilă pentru a avea o imagine aproape reală a funcționării unui circuit, atunci când toată gama de componente folosite are toleranță.

Acest tip de analiză ilustrează diferitele valori ale tensiunii de la ieșirea amplificatorului în funcție de valorile componentelor circuitului ținând cont de toleranțele componentelor (rezistențele au toleranță de 1%, 2% sau 5%).

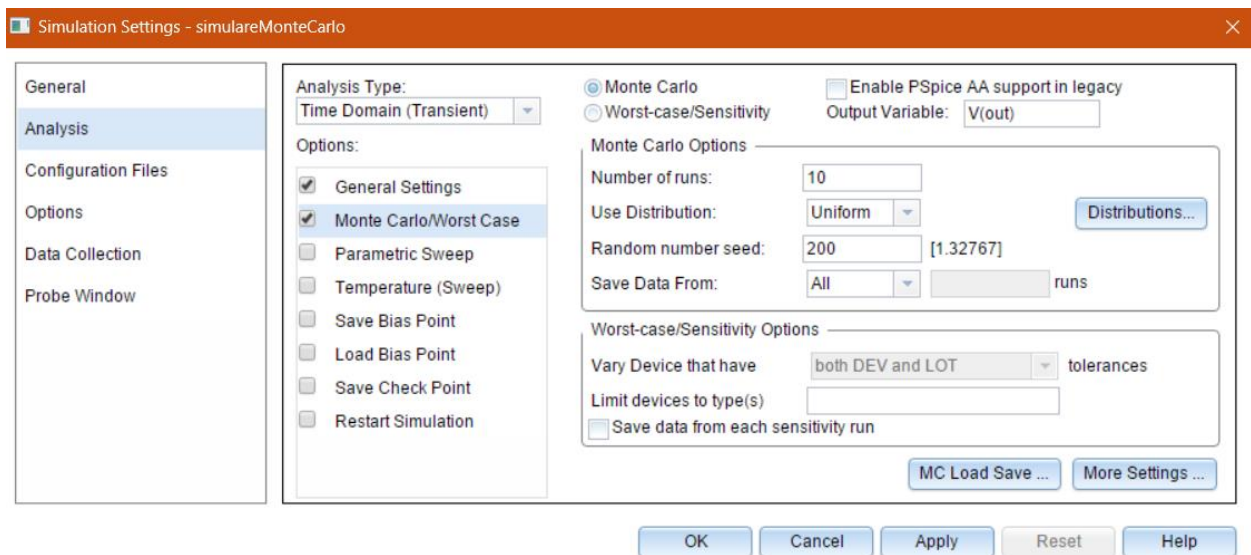


Figura 23. Crearea unui profil de simulare in timp si analiza de performanță Monte Carlo

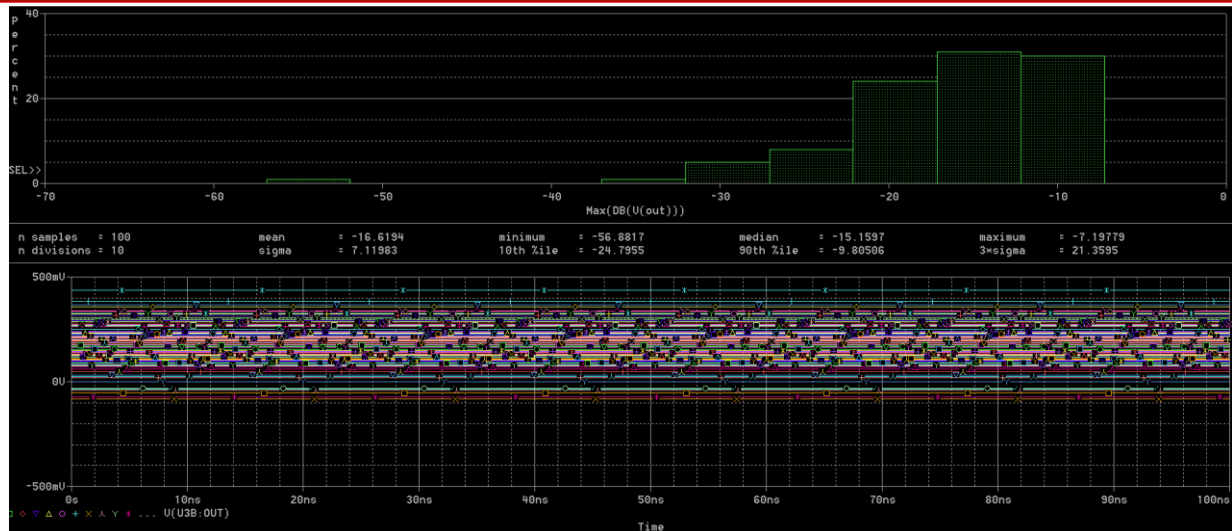


Figura 24. Analiza Monte Carlo, cu analiza principală în timp

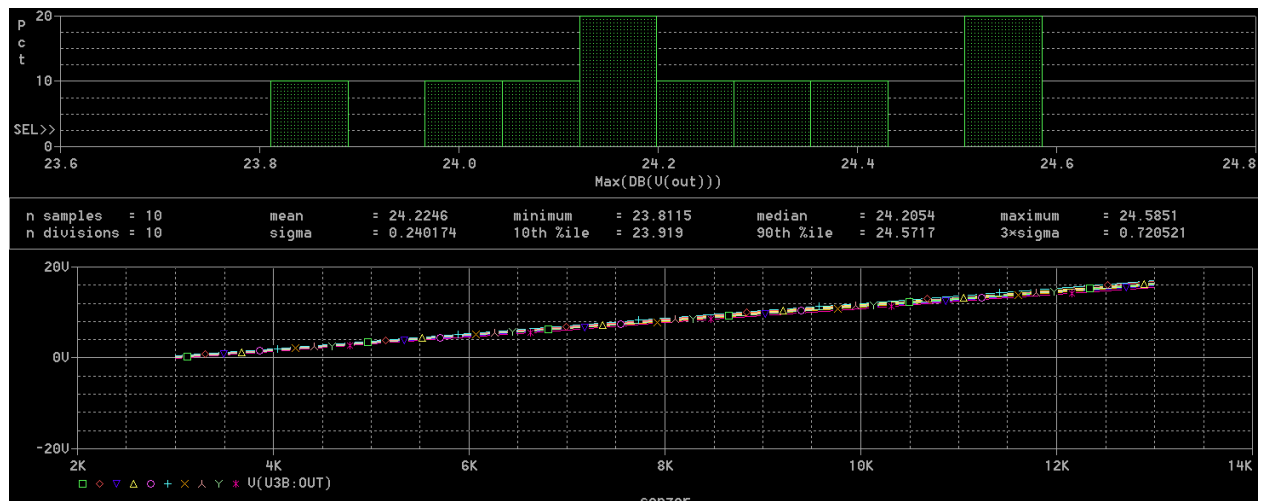


Figura 25. Analiza Monte Carlo, cu analiza principală DC Sweep

Analiza de tip Worst-Case/Sensitivity identifică care parametri ai componentelor sunt critici pentru functionarea circuitului și determină în ce măsură afectează fiecare componentă funcționalitatea și comportarea acestuia – acest lucru este evidențiat în figura 25.

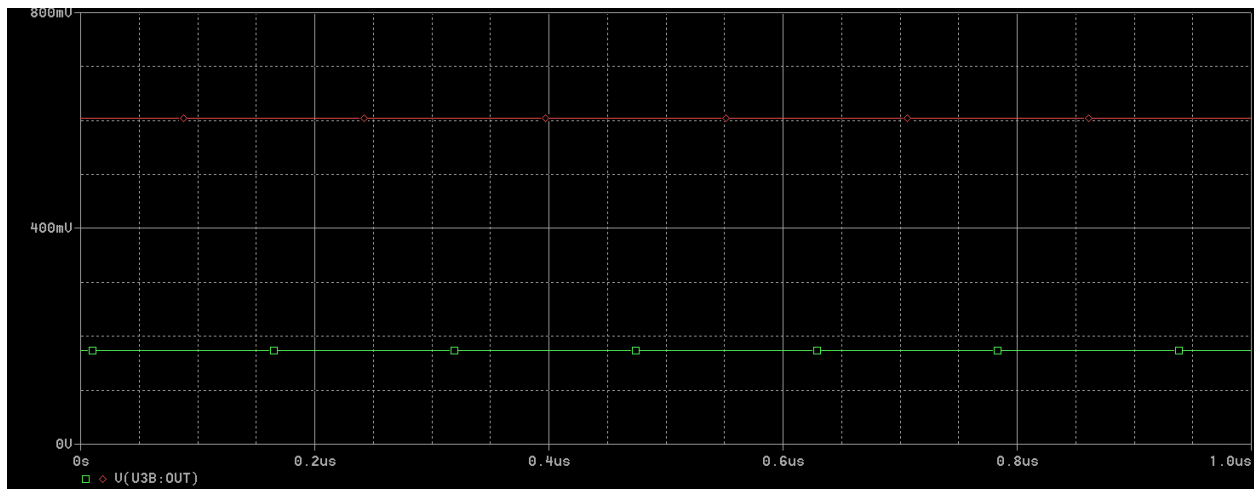


Figura 25. Analiza Sensitivity/ Worst-Case, cu analiză principală în timp

7. Bibliografie

- [1] Cursuri CAD
- [2] Cursuri DE
- [3] <https://allbooksfordownloading.files.wordpress.com/2017/01/electronic-devices-by-floyd-9th-edition.pdf>
- [4] <https://descargas.cetronic.es/WW05C3AYP4-N2.pdf>