



PROIECT TEHNICI CAD

CIRCUIT PENTRU CONTROLUL TEMPERATURII ÎNTR-O INCINTĂ

BALUSA ADRIAN ALEXANDRU

GRUPA 2123

SERIA A



CUPRINS

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | SENZOR DE TEMPERATURĂ | 2 |
| 1.1) | CERINȚĂ | 2 |
| 1.2) | DATE DE PROIECTARE | 2 |
| 2. | DESCRIEREA TEORETICĂ A CIRCUITULUI | 3 |
| 2.1) | SCHEMĂ – BLOC | 3 |
| 3. | SCHEMA ELECTRICĂ A CIRCUITULUI | 4 |
| 4. | DIMENSIONAREA COMPONENTELOR | 5 |
| 4.1) | OGLINDA DE CURENT | 5 |
| 4.1.1) | CALCULE EFECTUATE | 6 |
| 4.1.2) | SIMULARE | 6 |
| 4.2) | REPETORUL DE TENSIUNE | 7 |
| 4.3) | CONVERTORUL DE DOMENIU + SURSĂ REFERINȚĂ | 8 |
| 4.3.1) | CALCULE EFECTUATE | 9 |
| 4.3.2) | SIMULARE | 10 |
| 4.4) | COMPARATOR + SURSĂ DE TENSIUNE REFERINȚĂ | 11 |
| 4.4.1) | CALCULE EFECTUATE | 12 |
| 4.4.2) | SIMULARE | 13 |
| 4.5) | LED PORTOCALIU | 14 |
| 4.5.1) | MODELAREA DIODEI | 14 |
| 4.5.2) | SIMULARE | 15 |
| 4.6) | RELEU | 16 |
| 4.6.1) | CALCULE EFECTUATE | 16 |
| 5. | SIMULĂRI EFECTUATE PE SCHEMA ELECTRICĂ | 17 |
| 5.1) | MONTE – CARLO | 17 |
| 5.2) | WORST CASE SENSITIVITY | 18 |
| 6. | TABEL REZISTENȚE ȘI TOLERANȚE | 19 |
| 7. | BIBLIOGRAFIE | 20 |



1. SENZOR DE TEMPERATURĂ

1.1) CERINȚĂ:

Să se proiecteze un sistem de control al temperaturii într-o încălț. Știind că senzorul de temperatură folosit poate să măsoare temperatura liniar în domeniul specificat în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât temperatura din încălț să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de temperatură se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu temperatura este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[0 \div (V_{cc}-2V)]$. În încălț, temperatura este menținută în domeniul specificat cu ajutorul unei centrale termice comandată de un comparator și un releu electromagnetic. Ansamblul centrală termică-releu se va modela cu ajutorul unui rezistor. Starea centralei (pornită/oprită) este semnalizată de un LED, având culoarea specificată în tabel.

1.2) DATE DE PROIECTARE:

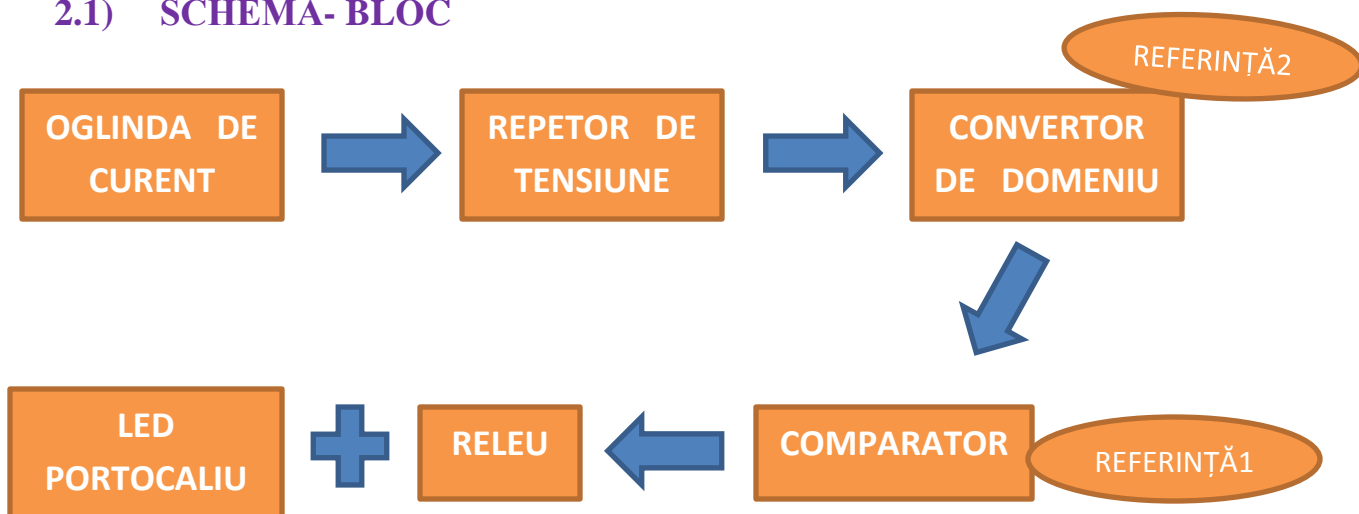
- Domeniu de temperatură măsurabil: $-10 \dots +30$ [°C]
- Temperatură în încălț: $0 \dots +25$ [°C]
- Rezistența senzorului: $25k - 15k$
- VCC: +18 V
- Culoare LED: Portocaliu



2. DESCRIEREA TEORETICĂ A CIRCUITULUI

- senzorul de temperatură măsoară temperatura din incintă
- senzorul este polarizat în curent, ceea ce înseamnă că un curent specific trece prin el pentru a genera o variație de tensiune
- variația liniară a rezistenței electrice a senzorului de temperatură, specificată în coloana G a tabelului, este convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[0 \div (V_{cc}-2V)]$, unde V_{cc} reprezintă tensiunea de alimentare a circuitului
- acest lucru este realizat prin intermediul unui circuit de conversie
- tensiunea rezultată din conversia rezistenței este comparată cu o tensiune de referință
- acest proces de comparare este realizat de un comparator, un circuit electronic care compară două tensiuni și generează un semnal de ieșire corespunzător rezultatului comparației
- semnalul de ieșire al comparatorului controlează un releu
- starea centralei termice (pornită/oprită) este semnalizată cu ajutorul unui LED portocaliu

2.1) SCHEMĂ-BLOC



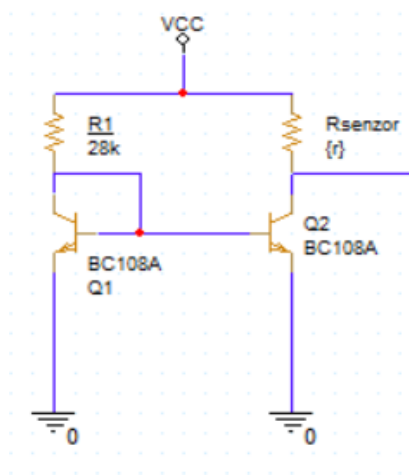




4. DIMENSIONAREA COMPONENTELOR

4.1) OGLINDA DE CURENT

- în sistemul de control al temperaturii, oglinda de curent furnizează un curent de referință constant pentru a polariza senzorul de temperatură
- oglinda de curent compară curentul de referință cu curentul care trece prin senzorul de temperatură și generează un curent de ieșire corespunzător
- curentul de ieșire al oglinzii de curent poate fi utilizat pentru a controla centrala termică și a menține temperatura în intervalul specificat
- am ales o implementare specifică oglinzilor de curent, aceasta fiind formată din următoarele componente: două rezistențe (R1 și rezistența senzorului) și două tranzistoare NPN de tipul BC108A
- oglinda de curent este alimentată cu o tensiune constantă (VCC)
- tranzistoarele alese au disponibilitate ridicată, caracteristici electrice adecvate, compatibilitate cu cerința, cost redus, etc.





4.1.1) CALCULE EFECTUATE:

$$I_0 \cdot r_{max} < V_{CC} - 2V$$

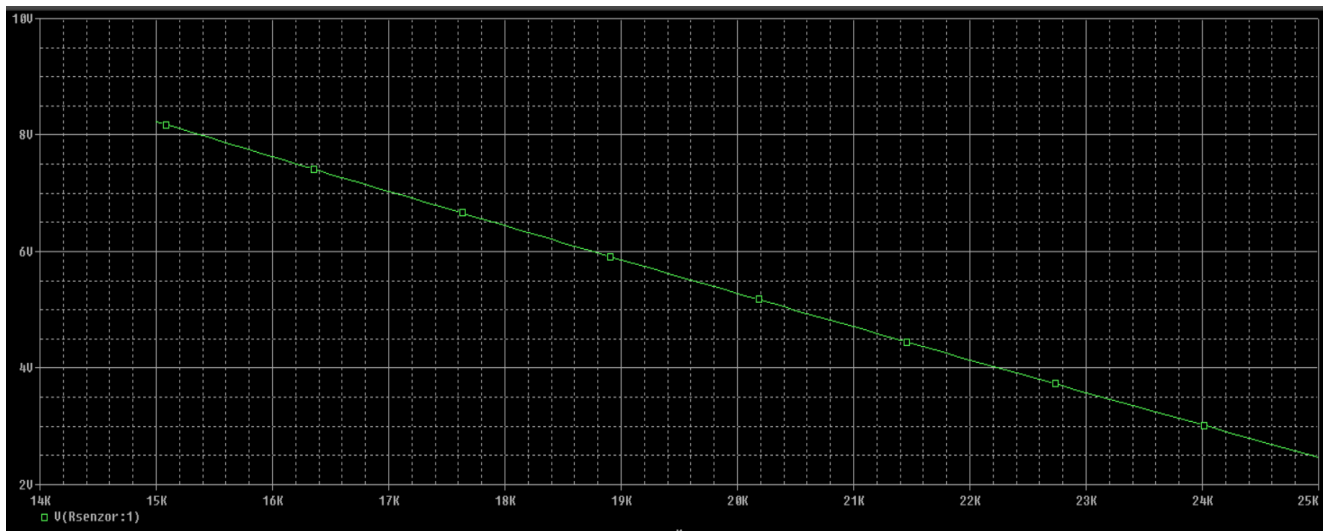
$$I_0 \cdot 25\text{ k} < 18\text{ V} - 2\text{ V}$$

$$I_0 \cdot 25\text{ k} < 16\text{ V}$$

$$I_0 < 0.64\text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_0} = \frac{18\text{ V} - 0.7\text{ V}}{600\text{ }\mu\text{A}} = 28\text{ k}\Omega$$

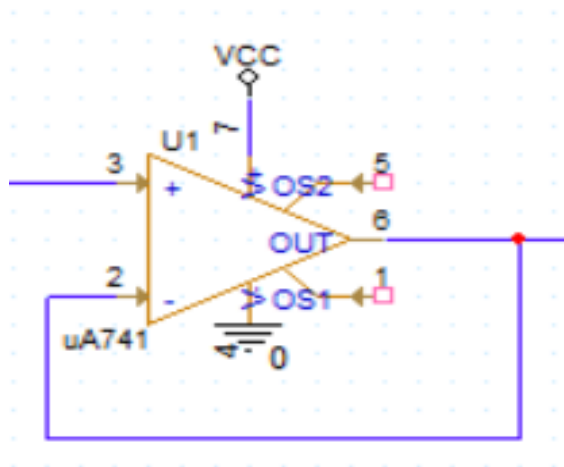
4.1.2) SIMULARE:





4.2) REPETORUL DE TENSIUNE

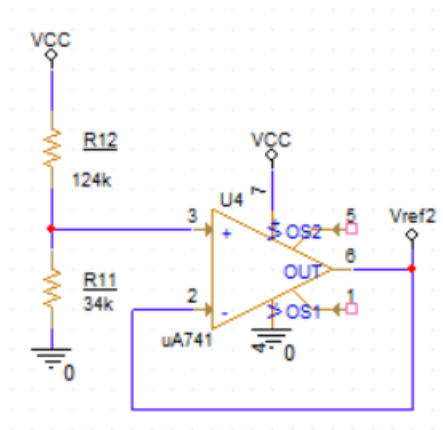
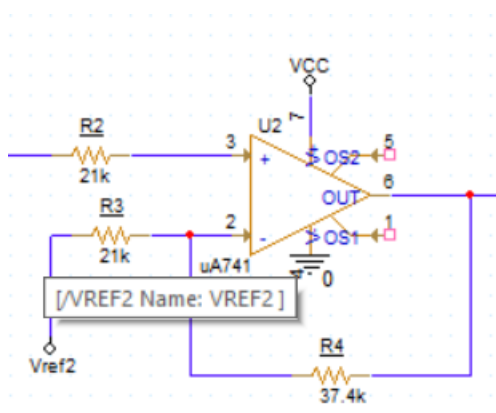
- permite ajustarea și adaptarea nivelului de tensiune al semnalului de ieșire al oglinzii de curent pentru a se potrivi cu cerințele convertorului sau cu alte componente ale circuitului
- oferă izolare și protecție suplimentară între oglindă și convertor
- implicit, asigură adaptarea de impedanță
- am ales să utilizez un repetor de tensiune realizat cu ajutorul unui amplificator operațional de tipul uA741 datorită numeroaselor sale avantaje, printre care: disponibilitatea, stabilitatea, performanța generală bună, ușurința de folosire, etc.





4.3) CONVERTORUL DE DOMENIU + SURSĂ REFERINȚĂ

- este utilizat pentru a ajusta nivelul de tensiune al semnalului de ieșire al repetorului de tensiune cu scopul de a se potrivi cu intervalul de tensiune necesar pentru comparator
- semnalul generat de repetorul de tensiune este într-un domeniu de tensiune incompatibil cu intervalul de lucru al comparatorului, iar convertorul de domeniu ajută la transformarea acestuia într-un domeniu adecvat
- de asemenea, este utilizat pentru a converti tensiunea dintr-o variație mai mică într-o variație mai mare
- asigură o performanță optimă a circuitului de control al temperaturii
- tensiunea de referință necesară pentru una din intrările convertorului este obținută cu ajutorul unui divizor de tensiune realizat prin intermediul unui repetor





4.3.1) CALCULE EFECTUATE:

V_{senzor} aparține intervalului $[2,4723; 8,2293]$ [V] conform simulării

Intervalul dorit: $[0; VCC - 2V] \rightarrow [0; 16]$ [V]

$V^+ = V^-$ și conform teoremei suprapunerii efectelor:

$$V_{\text{senzor}} = \frac{R_4 \cdot V_{\text{ref2}}}{R_3 + R_4} + \frac{R_3 \cdot V_{\text{out}}}{R_3 + R_4}$$

$$V_{\text{senzor_max}} = \frac{R_4 \cdot V_{\text{ref2}}}{R_3 + R_4} + \frac{R_3 \cdot 16 \text{ V}}{R_3 + R_4} = 8,2293 \text{ V}$$

$$V_{\text{senzor_min}} = \frac{R_4 \cdot V_{\text{ref2}}}{R_3 + R_4} + \frac{R_3 \cdot 0 \text{ V}}{R_3 + R_4} = 2,4723 \text{ V}$$

Prin reducerea ultimelor două ecuații rezultă: $\frac{R_3 \cdot 16 \text{ V}}{R_3 + R_4} = 5,757 \text{ V}$

Alegem $R_3 = 21 \text{ k}\Omega \rightarrow R_4 = 37,4 \text{ k}\Omega$ conforme cu seria E96

$R_3 = R_2 = 21 \text{ k}\Omega$ pentru ca impedanțele de intrare să fie egale

Din relația: $\frac{R_4 \cdot V_{\text{ref2}}}{R_3 + R_4} = 2,4723 \text{ V} \rightarrow V_{\text{ref2}} = 3,86049 \text{ V}$

Conform divizorului de tensiune $\rightarrow \frac{R_{11} \cdot VCC}{R_{11} + R_{12}} = V_{\text{ref2}} = 3,86049 \text{ V}$

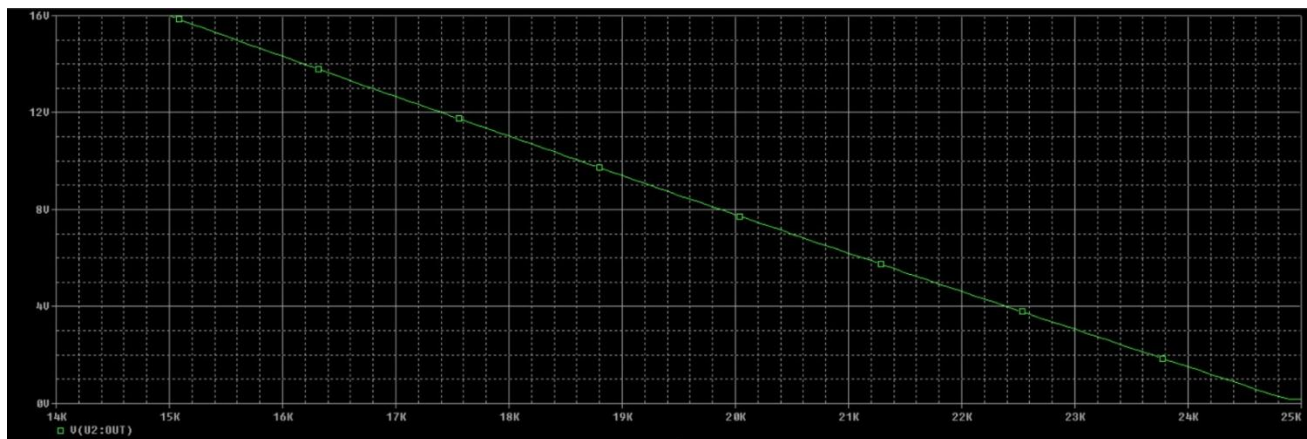
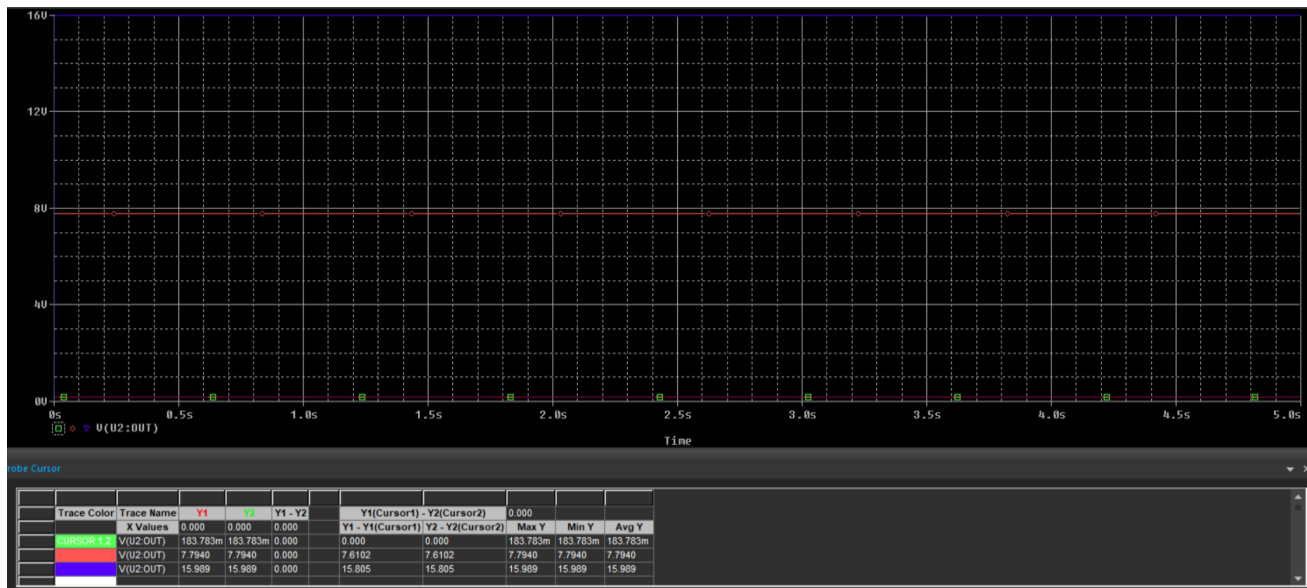
Alegem $R_{11} = 34 \text{ k}\Omega \rightarrow R_{12} = 124 \text{ k}\Omega$ conforme cu seria E96

Tensiunea de ieșire a convertorului de domeniu este cuprinsă în intervalul:

$[183,783 \text{ m}; 15,989]$ [V], valori suficient de apropiate de intervalul dorit



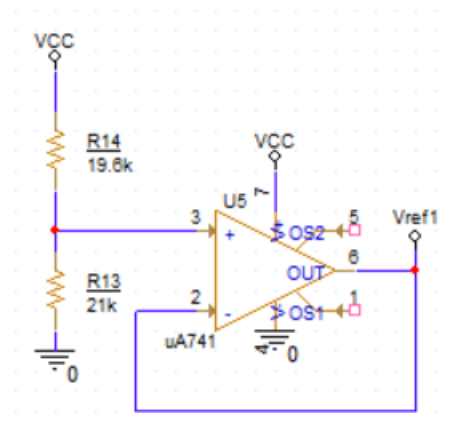
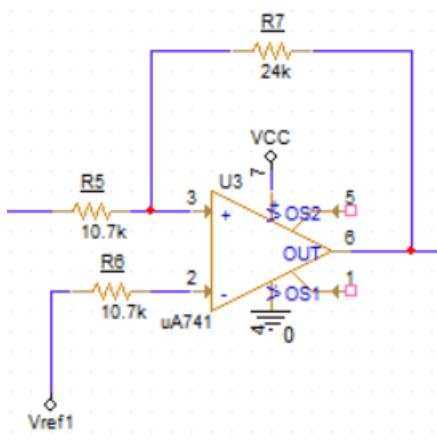
4.3.2) SIMULARE:





4.4) COMPARATOR + SURSĂ DE TENSIUNE REFERINȚĂ

- este utilizat în proiectul sistemului de control al temperaturii pentru a compara tensiunea de referință cu tensiunea convertită provenită de la senzorul de temperatură
- prin comparație, determină dacă temperatura măsurată este în intervalul specificat sau dacă depășește limitele acestuia
- pe baza acesteia, comparatorul activează sau dezactivează releul electromagnetic care controlează centrala termică
- dacă temperatura măsurată este în intervalul specificat, comparatorul va menține starea releului, ceea ce înseamnă că centrala termică va rămâne pornită
- în cazul în care temperatura depășește intervalul specificat, comparatorul va schimba starea releului și centrala termică va fi oprită
- astfel, rolul comparatorului este de a lua decizii în funcție de măsurătorile de temperatură și setările de referință
- tensiunea de referință necesară pentru una din intrările comparatorului este obținută cu ajutorul unui divizor de tensiune realizat prin intermediul unui repetor





4.4.1) CALCULE EFECTUATE:

Domeniul măsurabil de temperatură: $-10 \dots +30$ [°C]

Temperatura în incintă: $0 \dots +25$ [°C]

30 [°C] ... $15,989$ V

25 [°C] ... x V (prag-sus)

Din punct de vedere matematic rezultă $x = V_{ps} = 13,3241$ V

10 [°C] ... y V

30 [°C] ... $15,989$ V

Rezultă $y = 5,3296$ V $\rightarrow V_{pj} = y + 0,183783$ V = $5,5133$ V

$V^+ = V^-$ și conform teoremei suprapunerii efectelor:

$$V_{ref1} = \frac{R_7 \cdot (V_{ps} \text{ sau } V_{pj})}{R_5 + R_7} + \frac{R_5 \cdot V_{out_comparator}}{R_5 + R_7}$$

$$V_{ref1} = \frac{R_7 \cdot 13,3241 \text{ V}}{R_5 + R_7} + \frac{R_5 \cdot 0,183,718 \text{ V}}{R_5 + R_7}$$

$$V_{ref1} = \frac{R_7 \cdot 5,5133 \text{ V}}{R_5 + R_7} + \frac{R_5 \cdot 17,815 \text{ V}}{R_5 + R_7}$$

Valorile pentru $V_{out_comparator}$ au fost obținute în urma simulării unui comparator cu histerezis

Prin reducerea ultimelor două ecuații rezultă:
$$\frac{R_7 \cdot 7,8108 \text{ V}}{R_5 + R_7} + \frac{R_5 \cdot 17,6312 \text{ V}}{R_5 + R_7} = 0$$

Alegem $R_7 = 24 \text{ k}\Omega \rightarrow R_5 = 10,7 \text{ k}\Omega$ conforme cu seria E192

$R_5 = R_6 = 10,7 \text{ k}\Omega$ pentru ca impedanțele de intrare să fie egale

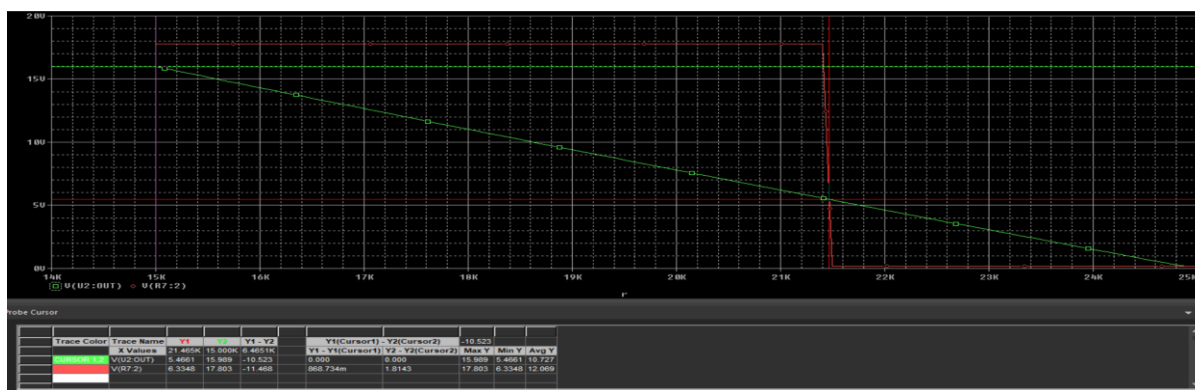
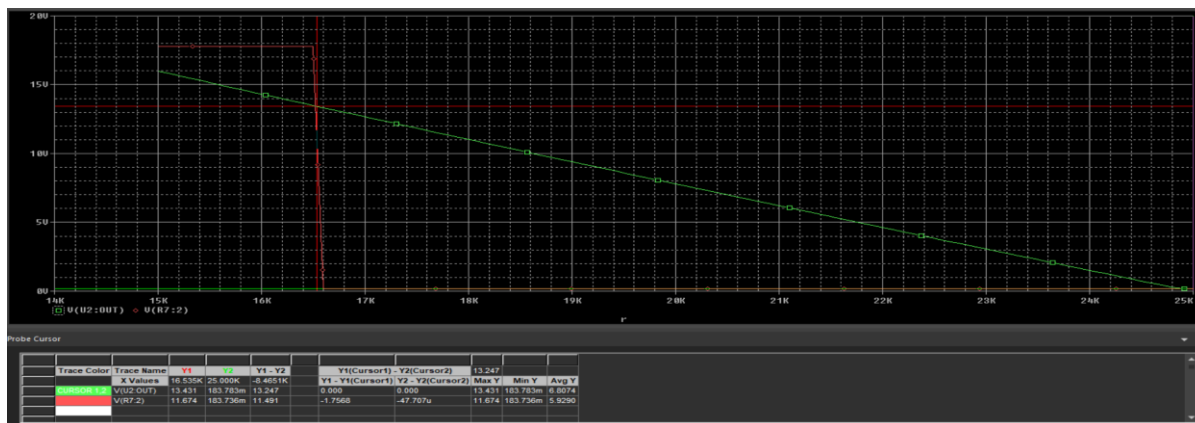


Din relațiile anterioare $\rightarrow V_{ref1} = 9,30662 V$

Conform divizorului de tensiune $\rightarrow \frac{R_{13} \cdot VCC}{R_{13} + R_{14}} = V_{ref1} = 9,30662 V$

Alegem $R_{13} = 21 k\Omega \rightarrow R_{14} = 19,6 k\Omega$ conforme cu seria E192

4.4.2) SIMULARE:



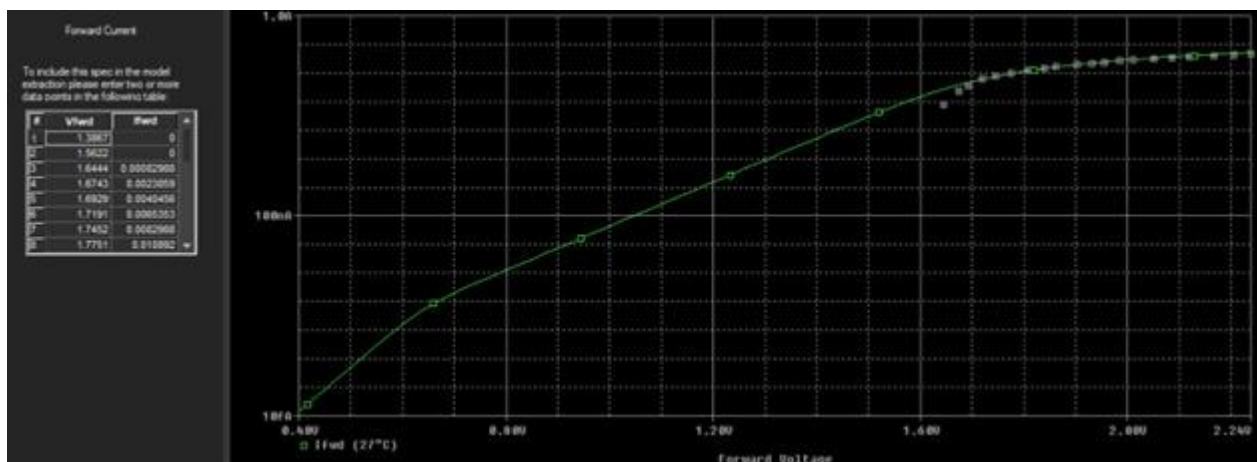


4.5) LED PORTOCALIU

- LED-ul portocaliu este utilizat pentru a indica starea centralei termice
- în funcție de starea în care se află releul electromagnetic comandat de comparator, LED-ul se va aprinde sau se va stinge, permițând utilizatorului să vadă rapid dacă centrala termică este activă sau inactivă
- atunci când temperatura din incintă se află în intervalul specificat, iar centrala termică este pornită, LED-ul portocaliu se va aprinde, indicând că sistemul este activ și funcționează pentru menținerea temperaturii în parametrii doriti
- în cazul în care temperatura din incintă depășește intervalul specificat, iar centrala termică este oprită, LED-ul portocaliu se stinge

4.5.1) MODELAREA DIODEI:

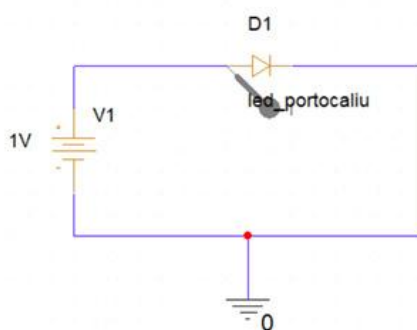
- pentru modelare am lansat modulul Pspice Model Editor
- am introdus sub formă de tabel caracteristicile diodei (preluate din fișa de catalog), urmând ca programul să extragă automat parametrii (specifci unui LED portocaliu)



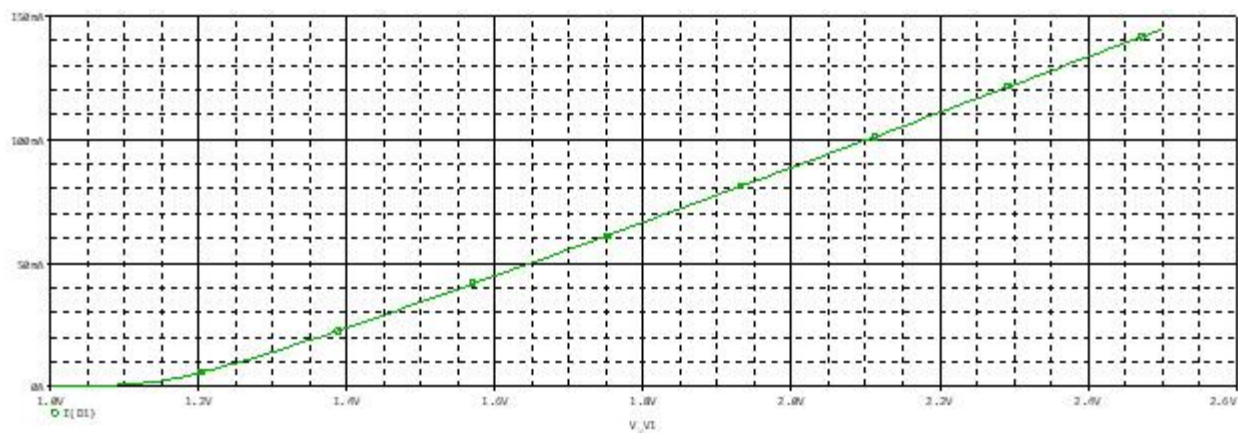


4.5.2) SIMULARE:

- în urma adăugării librăriei în Capture CIS, am testat LED-ul prin intermediul următorului circuit:



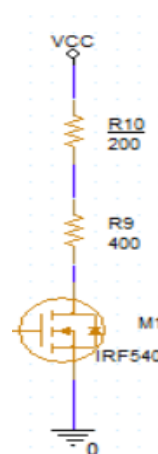
- astfel, am izbutit să obțin caracteristica dorită:





4.6) RELEU

- este utilizat pentru a comanda pornirea și oprirea centralei termice în funcție de semnalul furnizat de comparatorul care monitorizează temperatura
- atunci când temperatura din incintă scade sub valoarea minimă specificată, comparatorul activează releul pentru a porni centrala termică și a încălzi incinta
- în același mod, când temperatura depășește valoarea maximă specificată, comparatorul dezactivează releul, oprind centrala termică și reducând temperatura
- ultima parte a circuitului este reprezentată de următoarele componente: rezistențele R9 și R10 (releul), un MOSFET de tipul IRF540, cu canal indus de tip n
- am ales să folosesc acest MOS datorită următoarelor avantaje: capacitate ridicată de comutare, rezistență mică între sursă și drenă, gestionează curenți înalți, protecție ridicată



4.6.1) CALCULE EFECTUATE:

$R_9 = 400 \, \Omega \rightarrow$ standard (suportă până la 12 V)

$$R_{10} = \frac{V_{CC} - V}{I_{\text{releu}}} = \frac{18 \, \text{V} - 12 \, \text{V}}{30 \, \text{mA}} = 200 \, \Omega \text{ (suportă restul de 6 V)}$$

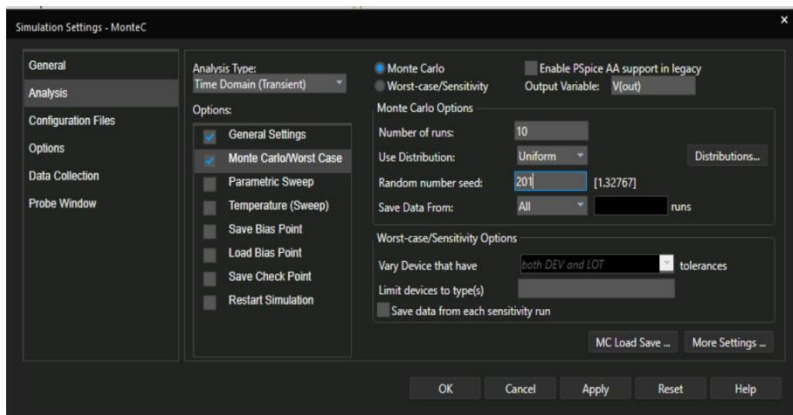
Valorile au fost preluate din specificațiile de catalog!



5. SIMULĂRI EFECTUATE PE SCHEMA ELECTRICĂ

5.1) MONTE – CARLO

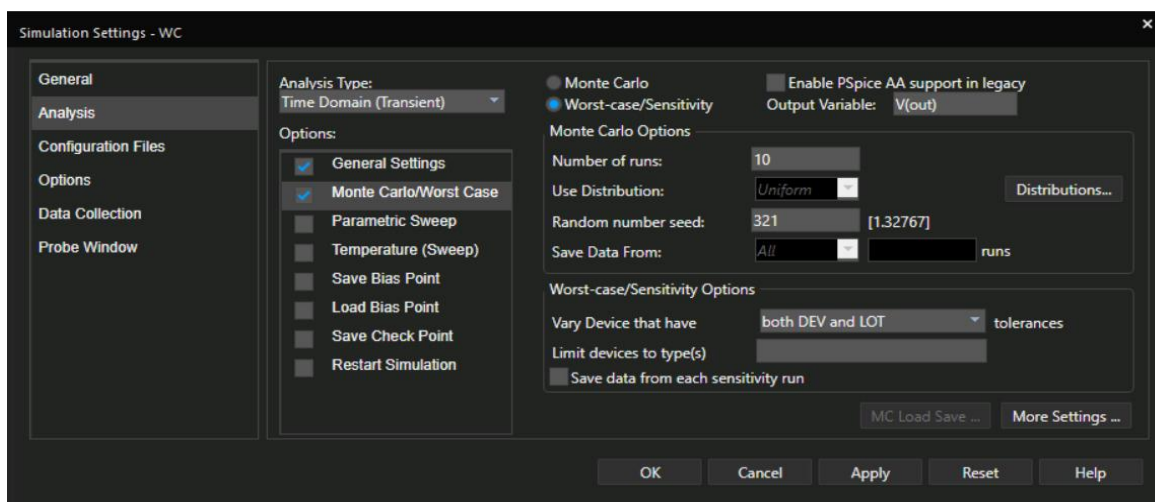
- constituie cel mai bun mod de analiză a unui circuit din punct de vedere statistic, de a vedea cum se comportă la variații ale valorilor componentelor
- de asemenea, cu ajutorul acesteia, calculăm productivitatea
- de altfel, este foarte utilă pentru a avea o imagine aproape reală a funcționării unui circuit





5.2) WORST CASE SENSITIVITY

- identifică care parametri ai componentelor sunt critici pentru funcționarea circuitului
- modifică toate valorile cu scopul de a simula cel mai defavorabil caz
- de asemenea, se folosește pentru a determina componentele sensibile





6. TABEL REZISTENȚE ȘI TOLERANȚE

| REZISTENȚE | TOLERANȚE |
|------------|-----------|
| R1 | 1% |
| R2 | 1% |
| R3 | 1% |
| R4 | 1% |
| R5 | 0.1% |
| R6 | 0.1% |
| R7 | 0.1% |
| R8 | 1% |
| R9 | 1% |
| R10 | 1% |
| R11 | 1% |
| R12 | 1% |
| R13 | 0.1% |
| R14 | 0.1% |

Valorile rezistențelor au fost calculate ținând cont de seriile standardizate E96 și E192!



7. BIBLIOGRAFIE

- [1] Cursuri Tehnici CAD, Prof. dr. ing. Ovidiu Pop
- [2] Cursuri DE, Prof. dr. ing. Ovidiu Pop
- [3] Cursuri CEF, Prof. dr. ing. Ovidiu Pop
- [4] http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/DE_Curs7.pdf
- [5] <https://datasheetspdf.com/pdf/467395/Philips/BC108/1>
- [6] <https://stroysystems.ru/ro/measurement-and-calculation/normal-series-of-resistances-watch-what-is-the-series-of-ratings-of-radio-components-in-other-dictionaries.html>
- [7] <http://www.electronicsplanet.ch/en/resistor/e192-series.php>
- [8] <https://www.hobby-hour.com/electronics/e96-resistors.php>
- [9] <https://www.powerelectronicsnews.com/>
- [10] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pspice-model-editor>