

# Proiect Tehnici CAD

## Senzor de temperatură

Student: Petruți Adriana

Grupa: 2123

Profesori îndrumători:

Prof. dr. ing. Ovidiu Aurel Pop

Drd. ing. Elena Mirela Ștețco

## Cuprins:

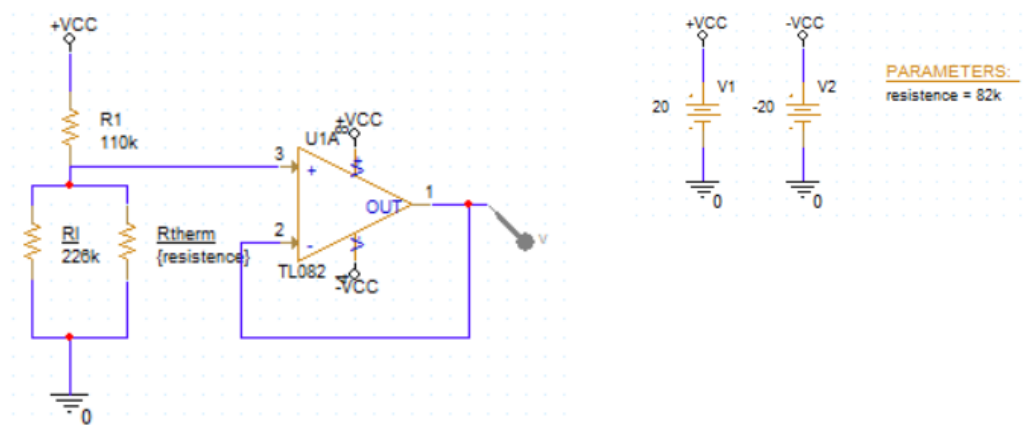
1.Date de proiectare	3
2.Schema circuitului	3
2.1. Schema bloc	3
2.2. Schema electrică	3
3.Fundamentarea teoretică	4
3.1. Traductorul rezistiv	4
3.2. Convertor de domeniu	5
3.3. Comparatoarele și semnalizările	6
3.4. Modelarea LED-urilor	8
3.5. Testarea LED-urilor	10
4.Simularea circuitului	11
5.Bibliografie	12

Domeniu de temperatură[°C]	Domeniul de variație al rezistenței senzorului(R <sub>therm</sub> )	Tensiunea de alimentare (VCC)[V]	Semnalizări	Mod de semnalizare
-30°, 50°	8.2k – 82k	20	<0, 0–25, 25–45, >45	Individual

### 3. Fundamentarea teoretică

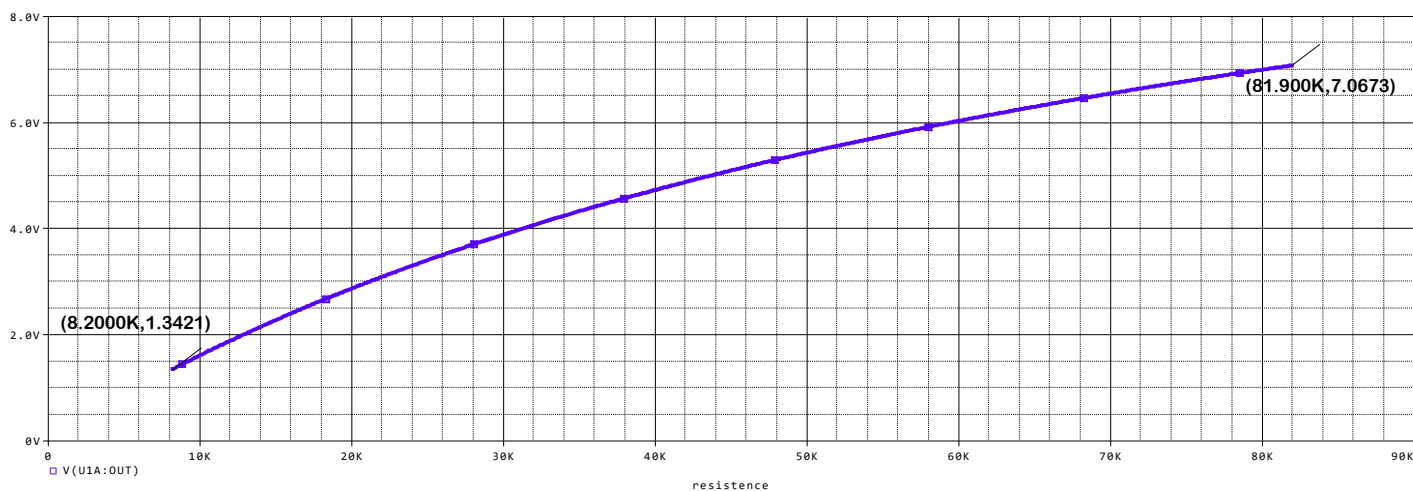
În realizare aparatului de măsurare a temperaturii am folosit valori pentru rezistențe din seria de valori standard E48, având o toleranță de  $\pm 2\%$ . Amplificatoarele pe care le-am folosit sunt TL082. Am ales să folosesc aceste amplificatoare deoarece includ mai multe caracteristici, cum ar fi offset scăzut (1mV), slew rate mare (20V/us), funcționează la temperaturi cuprinse între  $-40^{\circ}\text{C}$  și  $125^{\circ}\text{C}$  și tensiuni cuprinse între  $\pm 2.25\text{V}$  -  $\pm 20\text{V}$  sau  $4.5\text{V}$  -  $40\text{V}$ .

#### Traductorul rezistiv (senzor de temperatură)



Pentru a afla tensiunea de pe senzor am folosit un divizor de tensiune. Pentru a avea o variație liniară, am legat în paralel cu rezistența senzorului o rezistență  $R_2$  careia i-am dat valoarea standardizată de 226k, mult mai mare față de rezistența termică a senzorului, iar pentru rezistența în serie cu cele două,  $R_1$ , am ales valoarea standardizată de 110k.

Am adăugat un buffer (circuit repetor) pe care l-am folosit pe post de adaptare de impedanță, care separă circuitul traductorului de convertorul de domeniu (amplificatorul diferențial) pentru a nu influența tensiunea de pe senzor și pentru a evita pierderile de tensiune.



Tensiunea de pe senzor am calculat-o cu următoarea formulă:

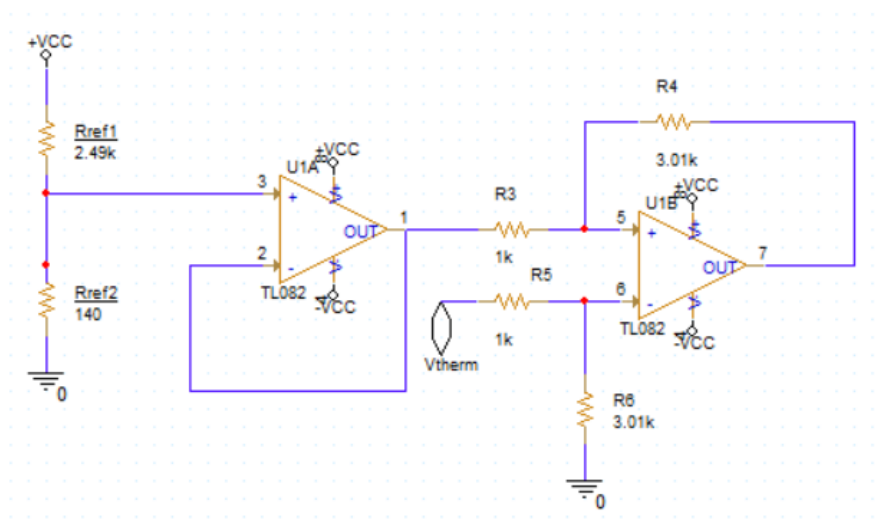
$$V_{\text{therm}} = [ R_{\text{ech1,2}} / (R_{\text{ech1,2}} + R_1) ] \cdot V_{\text{cc}}$$

$$R_{\text{ech1}} = R_{\text{therm\_min}} \parallel R_1$$

$$R_{\text{ech2}} = R_{\text{therm\_max}} \parallel R_1$$

Astfel, am obținut o variație a tensiunii pe senzor cuprinsă între **1.34V** și **7.07V**, după cum este evidențiat și pe graficul de mai sus.

### Convertor de domeniu



Convertorul de domeniu are rolul de a extinde domeniul de variație al tensiunii  $V_{\text{therm}}$  de pe senzor la domeniul de 2V – 18V. Pentru a afla amplificarea de care avem nevoie pentru a extinde domeniul, am făcut diferența dintre 18V și 2V, iar rezultatul l-am împărțit la diferența dintre tensiunea maximă pe senzor și cea minimă.

$$A_v = (18V - 2V) / (V_{\text{therm\_max}} - V_{\text{therm\_min}})$$

$$A_v = 16V / (7.07V - 1.07V) \Rightarrow \mathbf{A_v = 3}$$

Rezistențele de pe reacția pozitivă, respectiv negativă a amplificatorului au valori egale, drept urmare am considerat  $R_3 = R_5$ , iar  $R_4 = R_6$ . Din amplificare am calculat valorile rezistențelor de la amplificatorul diferențial, folosind formula:

$$A_v = R_4 / R_3$$

Am ales arbitrar valoarea rezistenței  $R_3 = 1k$ , prin urmare am obținut pentru rezistența  $R_4 = 3.01k$ , valoare standard din seria E48.

Pentru tensiunea de referință de care avem nevoie pe intrarea neinvertoare a amplificatorului, am folosit un divizor de tensiune pentru a o obține din tensiunea de alimentare a circuitului. Valoarea tensiunii de referință am calculat-o cu formula:

$$(V_{\text{therm\_max}} - V_{\text{ref}}) \cdot A_v = 18V \Rightarrow V_{\text{ref}} = V_{\text{therm\_max}} - [ 18 / A_v ]$$

$$\text{Am obținut astfel } \mathbf{V_{\text{ref}} = 1.07V}.$$

Valorile rezistențelor pentru divizorul de tensiune le-am calculat folosind formula:

$$V_{ref} = [ R_{ref2} / (R_{ref1} + R_{ref2}) ] \cdot V_{cc}$$

Am ales arbitrar  $R_{ref2} = 140$  și am obținut astfel  $R_{ref1} = 2.49k$ .

În continuarea divizorului de tensiune am conectat un buffer, din același motiv pentru care l-am conectat și după senzor, și anume pentru a evita pierderile de tensiune.

Mai departe, am calculat tensiunea de la ieșirea amplificatorului diferențial, egalând cele două intrări,  $V_+$  și  $V_-$  ale amplificatorului și aplicând teorema lui Millman pentru a afla formulele lor.

$$V_+ = [ V_{ref} / R_3 + V_{out} / R_4 ] / [ 1/R_3 + 1/R_4 ]$$

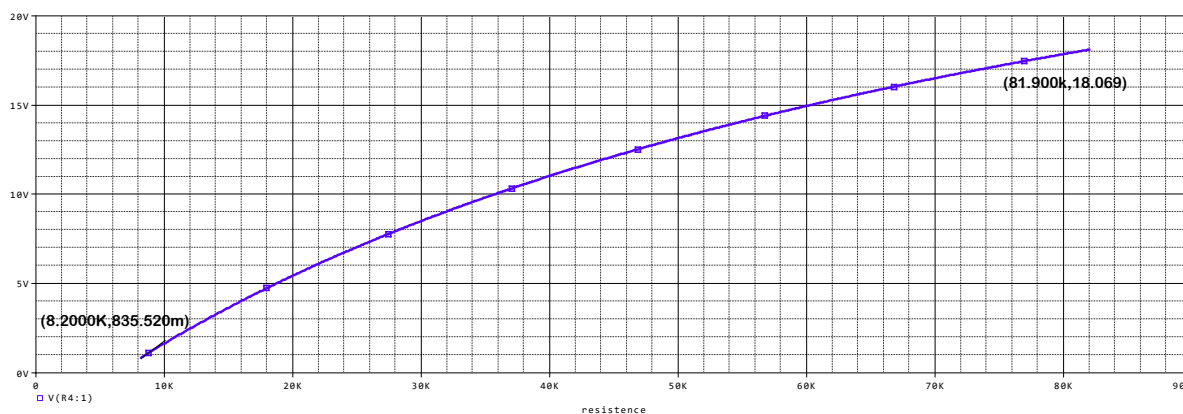
$$V_- = [ V_{therm} / R_5 ] / [ 1/R_5 + 1/R_6 ]$$

Dar  $R_3 = R_5$  și  $R_4 = R_6$ .

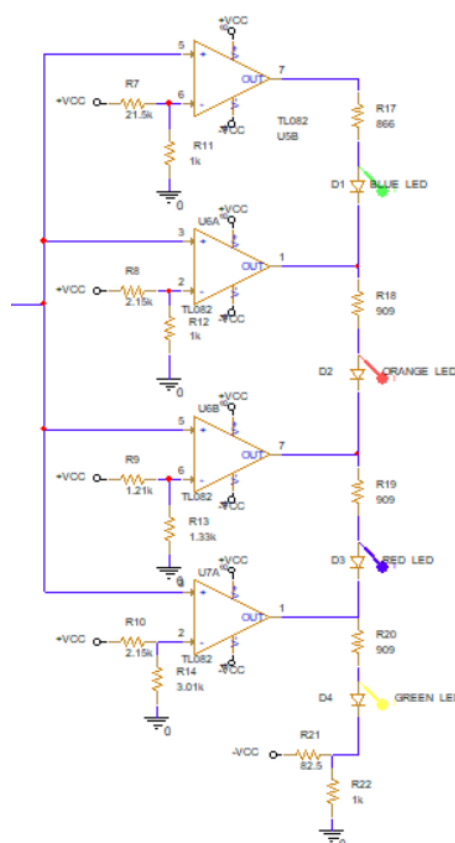
Astfel, am obținut formula lui  $V_{out}$  ca fiind următoarea:

$$V_{out} = [R_4 / R_3] \cdot (V_{therm} - V_{ref})$$

În urma calculelor, tensiunea de la ieșirea amplificatorului variază între  $0.9V$  și  $18.06V$ , cum este evidențiat și în graficul de mai jos.



## Comparatoarele și semnalizările (LED-urile)



Fiecare tensiune de prag aplicată la intrarea inversoare a fost obținută printr-un divizor de tensiune alimentat de la tensiunea de intrare. Intrările neinverse sunt alimentate de la tensiunea de ieșire a amplificatorului diferențial. Pentru a realiza semnalizarea individuală a pragurilor, am conectat la fiecare ieșire a comparatoarelor câte o rezistență în serie cu un LED (LED-urile le-am modelat cu ajutorul Pspice Model Editor), iar ulterior am realizat conexiunea între LED și ieșirea următorului comparator. Ultimul LED l-am conectat la o tensiune de -18.5V, realizată cu ajutorul unui alt divizor de tensiune din Vcc (deoarece fiecare LED e alimentat și cu tensiune de la comparatorul următor, dacă conectăm ultimul LED la masă, comparatorul dinaintea LED-ului va scoate 0, adică masa, minus pragul minim).

Tensiunea de prag pentru fiecare dintre cele 4 comparatoare folosite am aflat-o cu ajutorul următoarei formule:

$$V_{\text{prag}} = V_{\text{out\_min}} + \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot t$$
, unde  $V_{\text{out\_min}}$  este tensiunea minimă de la ieșirea convertorului de domeniu,  $\Delta V$  reprezintă diferența dintre tensiunea maximă și cea minimă de la ieșirea lui, iar  $\Delta t$  reprezintă diferența dintre temperatura maximă și cea minimă din intervalul dat în cerința proiectului.

$$\Delta V = V_{\text{out\_max}} - V_{\text{out\_min}} = 18.06\text{V} - 0.9\text{V} \Rightarrow \Delta V = 17.16\text{V}$$

$$\Delta t = t_{\text{max}} - t_{\text{min}} = 50^\circ - (-30^\circ) \Rightarrow \Delta t = 80^\circ$$

Astfel, înlocuind valorile calculate mai sus în formulă, obținem următoarea expresie pentru tensiunea de prag:

$$V_{\text{prag}} = 0.9 + 0.2145 \cdot t$$

Fiecare comparator funcționează pe un anumit interval de temperatură, prin urmare, primul comparator va funcționa pentru temperaturi mai mici de  $0^\circ\text{C}$ , al doilea va funcționa pentru temperaturi cuprinse în intervalul  $[0^\circ-25^\circ]$ , al treilea comparator va funcționa pentru temperaturi cuprinse în intervalul  $[25^\circ-45^\circ]$ , iar ultimul va funcționa pentru temperaturi mai mari de  $45^\circ\text{C}$ . În vederea calculării tensiunii de prag aferente fiecărui comparator, am considerat  $t$  din formula pragului ca fiind marginea superioară a fiecărui interval.

$$V_{\text{prag1}} (\text{pentru } t = 0^\circ) = 0.9 + 0.2145 \cdot 0 \Rightarrow V_{\text{prag1}} = 0.9\text{V}$$

$$V_{\text{prag2}} (\text{pentru } t = 25^\circ) = 0.9 + 0.2145 \cdot 25 \Rightarrow V_{\text{prag2}} = 6.2625\text{V}$$

$$V_{\text{prag3}} (\text{pentru } t = 45^\circ) = 0.9 + 0.2145 \cdot 45 \Rightarrow V_{\text{prag3}} = 10.5525\text{V}$$

$$V_{\text{prag4}} (\text{pentru } t = 50^\circ) = 0.9 + 0.2145 \cdot 50 \Rightarrow V_{\text{prag4}} = 11.625\text{V}$$

După cum am menționat și înainte, fiecare tensiune de prag se obține dintr-un divizor de tensiune alimentat de la Vcc. Astfel am dimensionat următoarele valori pentru rezistențe:

$$\text{Pentru } V_{\text{prag1}} = 0.9\text{V} \text{ aleg } R_{11} = 1\text{k} \Rightarrow R_7 = 21.5\text{k}.$$

$$\text{Pentru } V_{\text{prag2}} = 0.9\text{V} \text{ aleg } R_{12} = 1\text{k} \Rightarrow R_8 = 2.15\text{k}.$$

Pentru  $V_{\text{prag3}} = 0.9\text{V}$  aleg  $R_{13} = 1.33\text{k}\Rightarrow R_9 = 1.21\text{k}$ .

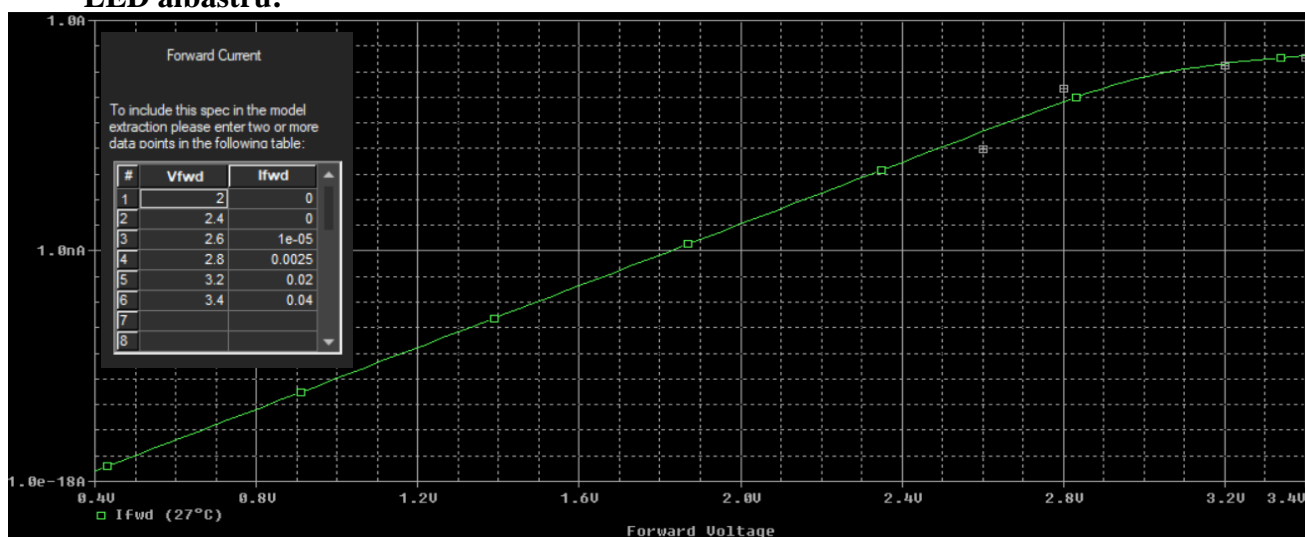
Pentru  $V_{\text{prag4}} = 0.9\text{V}$  aleg  $R_{14} = 3.01\text{k}\Rightarrow R_{10} = 2.15\text{k}$ .

Pentru divizorul de tensiune conectat la ultima diodă, pentru a obține tensiunea de  $-18.5\text{V}$ , am ales  $R_{22} = 1\text{k}\Rightarrow R_{21} = 82.5$ .

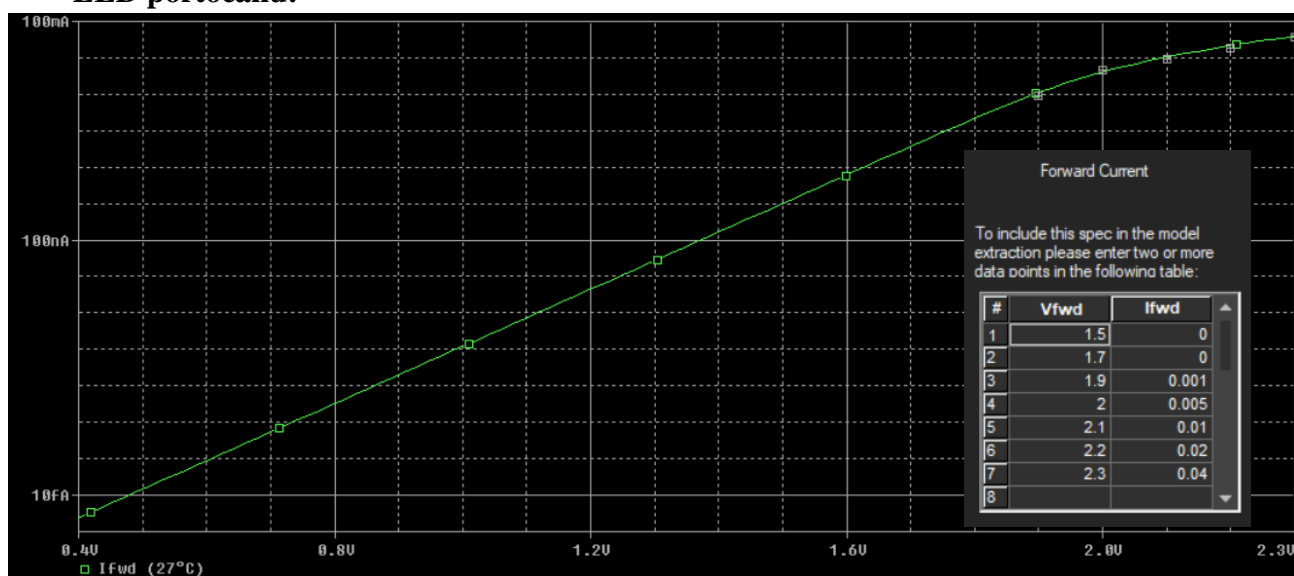
## Modelarea LED-urilor

Am modelat cu ajutorul Pspice Model Editor 4 diode de tip LED pentru semnalizările de care aveam nevoie. Am ales astfel 4 tipuri de LED-uri: LED albastru, LED portocaliu, LED rosu, LED verde.

### LED albastru:

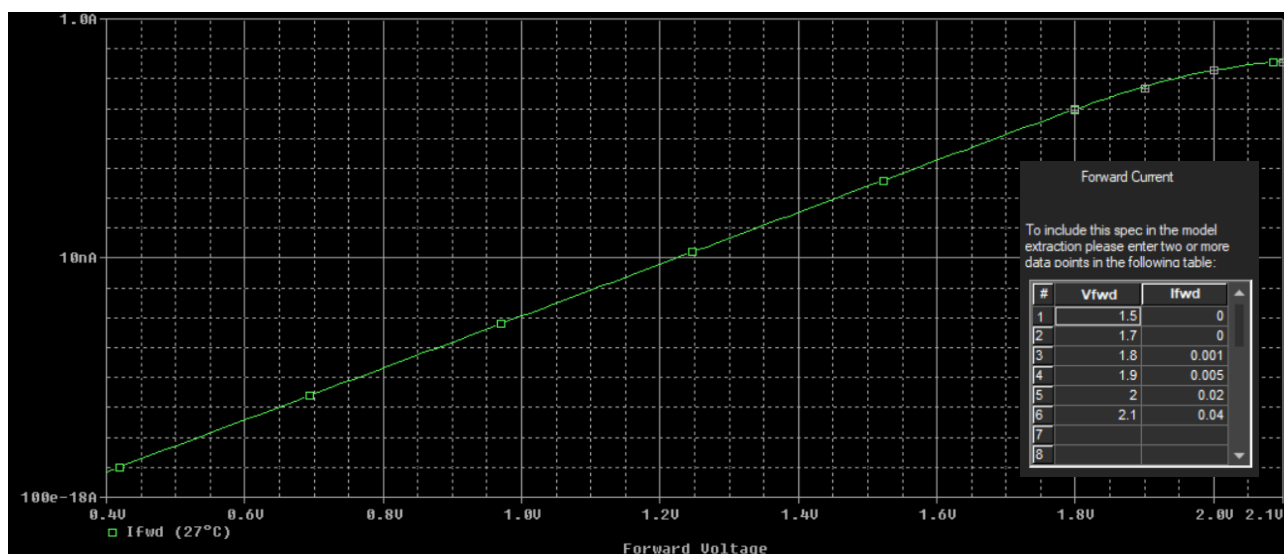


### LED portocaliu:

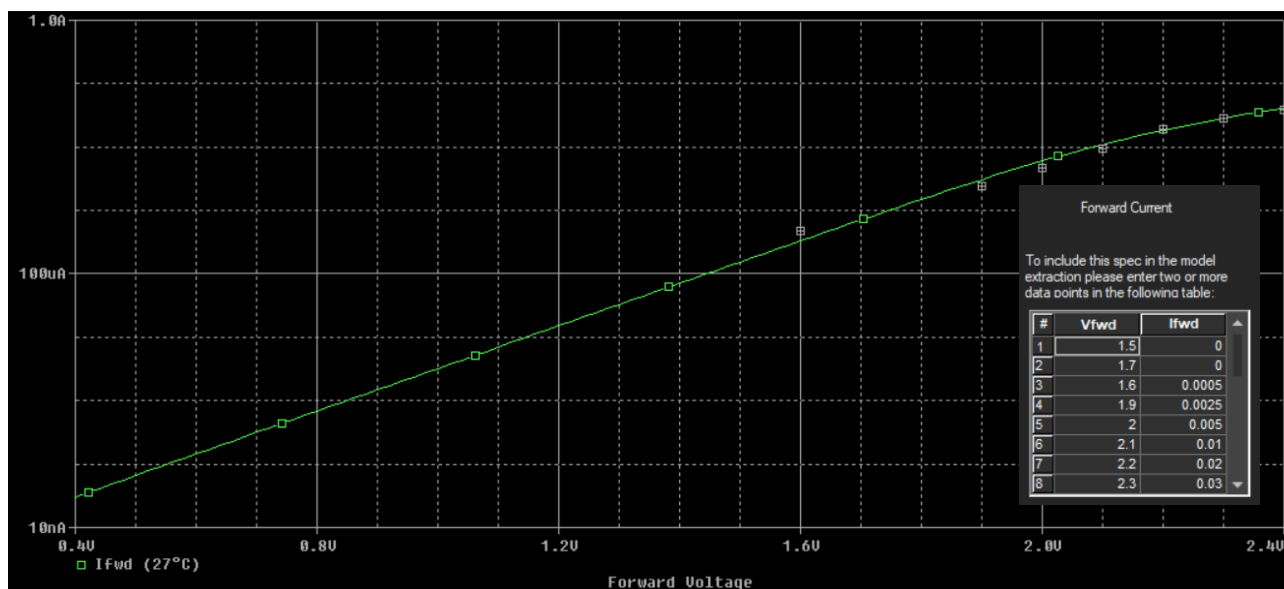




### LED roșu:

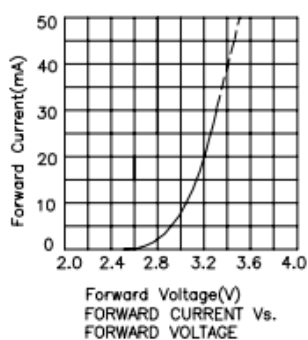


### LED verde:

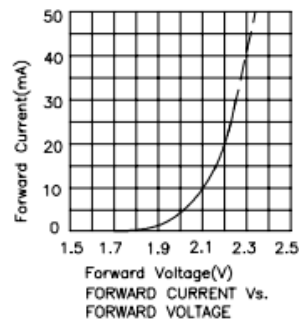


Graficele pe care le-am folosit pentru modelarea LED-urilor le-am luat dintr-un datasheet pe care îl voi atașa în arhiva proiectului. Mai jos am pus aceste grafice.

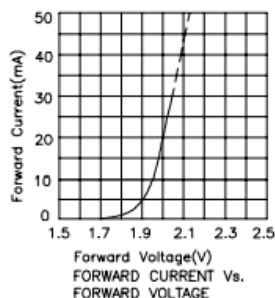
#### Led albastru:



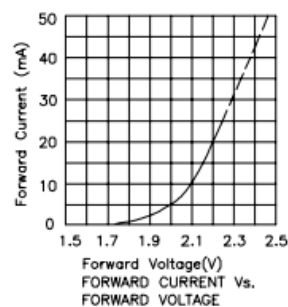
#### Led portocaliu:



Led roșu:



Led verde:



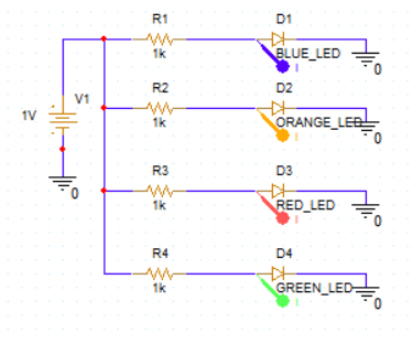
Pentru a calcula rezistența pe fiecare LED în parte, am folosit formula:

$R_{LED} = (V_{cc} - V_{prag}) / I_F$ , unde  $V_{cc}$  reprezintă tensiunea de alimentare,  $V_{prag}$  este tensiunea de prag a fiecărui LED, iar  $I_F$  este valoarea relativă a intensității luminoase (la toate LED-urile pe care le-am folosit,  $I_F$  are valoarea de **20mA**).

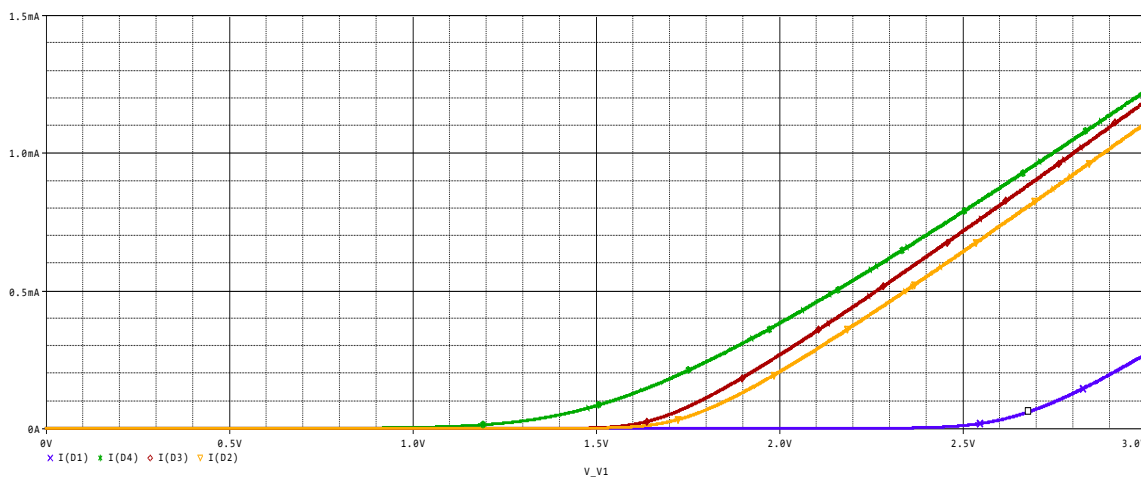
Valorile pe care le-am obținut sunt următoarele:  $R_{LED\_albastru} = 866$ ,  $R_{LED\_portocaliu} = 909$ ,  $R_{LED\_rosu} = 909$ ,  $R_{LED\_verde} = 909$ .

### Testarea LED-urilor:

Pentru a testa fiecare LED în parte, am făcut un proiect separat în care am verificat curentul prin fiecare LED. Am folosit o simulare de tip DC Sweep.

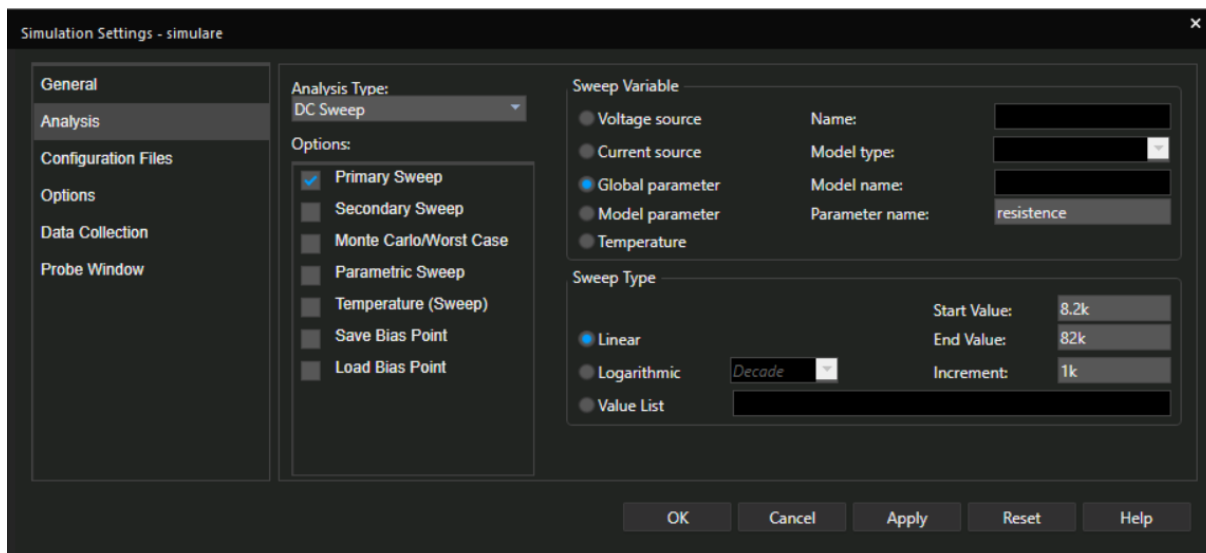


Astfel, am obținut următorii curenți prin diode:

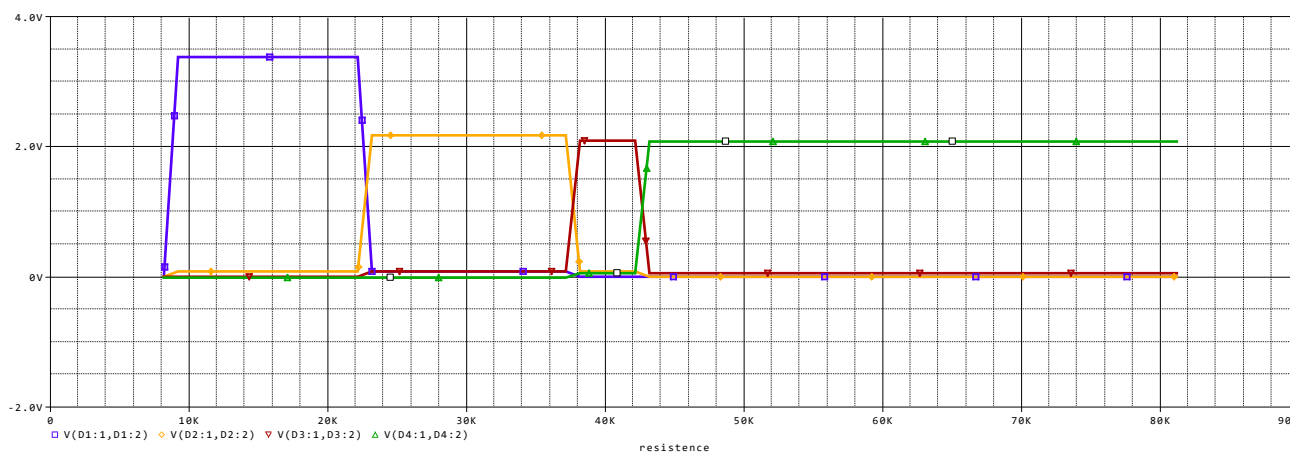


## 4. Simularea circuitului

Pentru a verifica funcționalitatea circuitului am făcut o simulare de tip DC Sweep în care am variat parametrul **{resistance}** care ia valoarea rezistenței senzorului, între valoarea minimă pe care o poate avea senzorul (8.2k în cazul de față) și valoarea maximă(82k), cu increment de 1k.



Am folosit markeri de tensiune diferențiali pe care i-am așezat în anodul, respectiv catodul fiecărei diode, rezultatul simulării fiind următorul:



Fiecare LED e reprezentat prin graficul de culoare corespunzător, prin urmare LED-ul albastru este evidențiat prin graficul albastru, LED-ul portocaliu prin graficul portocaliu și așa mai departe. Putem observa din grafic că LED-ul albastru se aprinde primul când rezistența de pe senzor variază între 8.2k și 22.1k, după care el se stinge. Acest lucru evidențiază funcționalitatea lui doar pe acest interval. Următorul LED care se aprinde este cel portocaliu, corespunzător unei variații a rezistenței de pe senzor între 22.1k și 37.2k, rămânând stins pe orice valoare care nu se regăsește în interval. LED-ul roșu va rămâne aprins când rezistența pe senzor variază între 37.2k și 42.1k, iar cel verde se aprinde când rezistența se va regăsi în intervalul 42.1k și 82k.

## Bibliografie:

1. Cursuri Tehnici CAD
2. Foi de catalog folosite:
  - 2.1. Foaie de catalog LED-uri (document pdf atașat arhivei)
  - 2.2. Foaie de catalog TL082 (document pdf atașat arhivei)
3. Seria de rezistențe:

<https://www.hobby-hour.com/electronics/e48-resistors.php>