

# Proiect Tehnici CAD

Temă proiect: Circuit pentru măsurarea  
nivelului de lichid

Goia Călin-Daniel gr.2124

## Contents

1. Specificatii de proiectare .....	3
2. Schema bloc a circuitului .....	3
3. Schema electrică a circuitului.....	4
4. Proiectarea circuitului .....	5
4.1 Traductorul.....	5
4.2 Convertorul de domeniu .....	6
4.2.1 Amplificatorul diferențial.....	6
4.2.2 Amplificatorul sumator .....	8
4.3 Detecția pragurilor .....	9
4.3.1 Transformarea semnalizărilor din procente in cm .....	9
4.3.2 Comparatorul .....	9
4.4 Semnalizare .....	12
5. Simulări. ....	13
5.1 Variația tensiunii de la ieșirea senzorului. ....	13
5.2 Variația tensiunii la ieșirea amplificatorului diferențial și a sumatorului .....	14
5.3 Simularea LED-urilor .....	15

## 1. Specificații de proiectare

**Cerința proiect:** să se proiecteze un circuit electronic pentru măsurarea nivelului de lichid dintr-un recipient în domeniul specificat. Circuitul este prevăzut cu 4 sau mai multe indicatoare luminoase (LED) care semnalizează depășirea pragurilor. De asemenea, circuitul este alimentat de la tensiunea  $\pm VCC$ . LED-urile trebuie să fie de culori diferite pentru fiecare domeniu specificat. Rezistența electrică a traductorului de nivel variază neliniar cu valoarea nivelului de lichid măsurat - se va proiecta un circuit de liniarizare pentru aceasta. Suplimentar, circuitul trebuie prevăzut cu extinderea domeniului de măsură, luând în calcul valoarea maximă a  $VCC$ . Modul de aprindere al LED-urilor este individual (fiecare LED se aprinde doar în domeniul pe care îl semnalizează).

### Specificații:

Nivel maxim de măsură: 210 cm

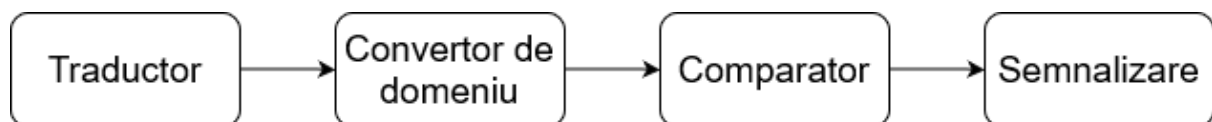
Domeniul de variație al rezistenței senzorului: 25k – 40k

$VCC$ : 15 V

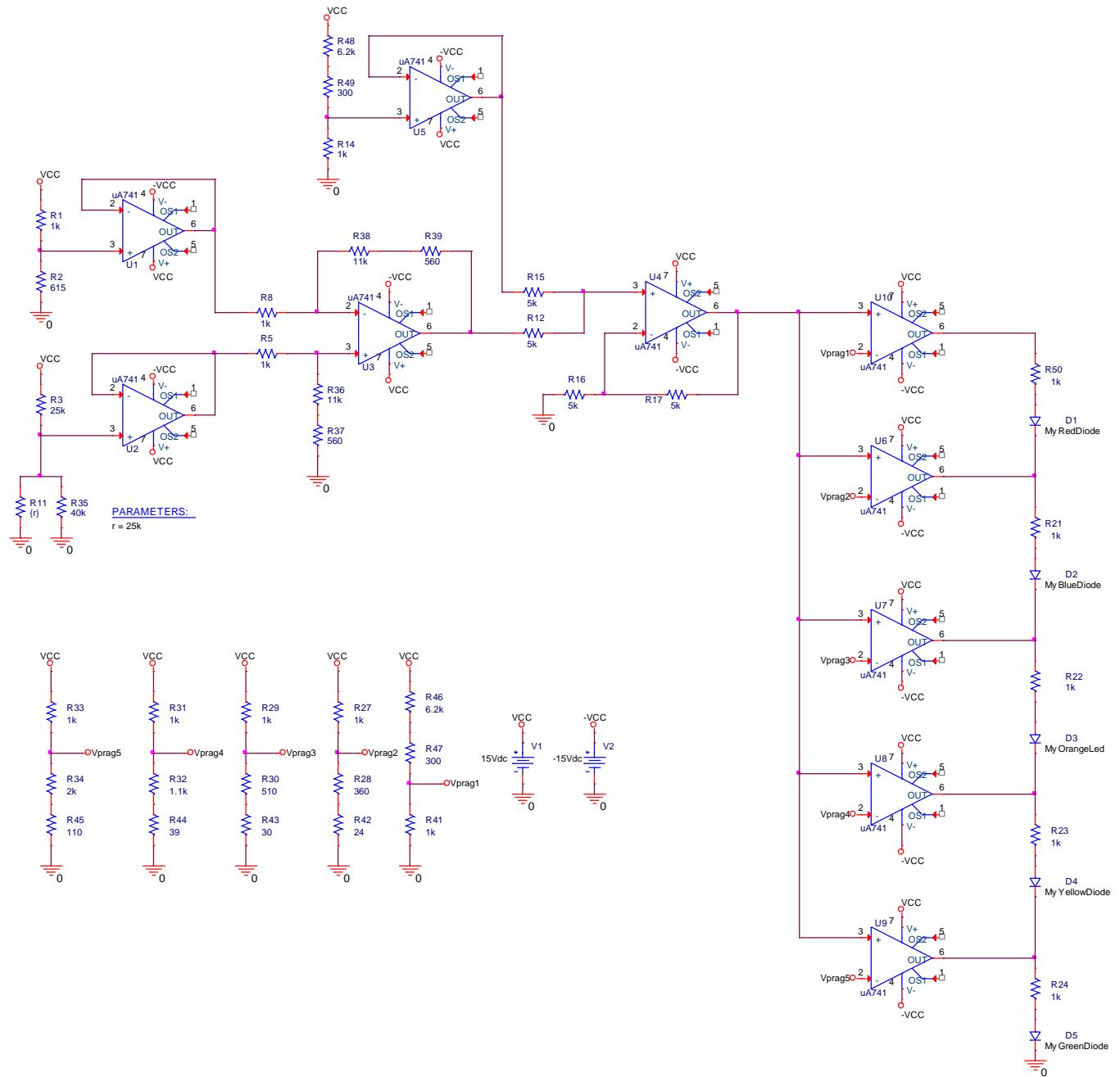
Semnalizari: 0 – 20%, 20 – 30 %, 30 -55 %, 55 – 75%, 75 – 100%

Mod semnalizare: individual

## 2.Schema bloc a circuitului



### 3. Schema electrică a circuitului



## 4. Proiectarea circuitului

### 4.1 Traductorul

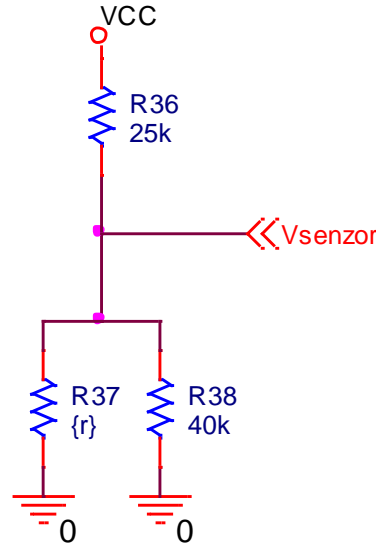


Figura 4.1.1 Schema electrică a senzorului

Pentru senzor am folosit un divizor de tensiune, unde R36 reprezintă valoarea minimă a rezistenței senzorului(25k), iar R38 valoarea maximă(40k). Pentru a varia rezistența senzorului între 25k – 40k am folosit un parametru {r}. Pentru a liniariza variația senzorului am adăugat în paralel R38.

Variația tensiunii senzorului o vom afla cu ajutorul formulei divizorului de tensiune:

$$V_{senzor\_min} = \frac{\{r\}_{min} \parallel R38}{\{r\}_{min} \parallel R38 + R36} \cdot V_{cc} = \frac{\frac{25k \cdot 40k}{25k + 40k}}{\frac{25k \cdot 40k}{25k + 40k} + 25k} \cdot 15V \quad (4.1)$$

$$= \frac{15,38k}{15,38k + 25k} \cdot 15V = 5.71V$$

$$V_{senzor\_max} = \frac{\{r\}_{max} \parallel R38}{\{r\}_{max} \parallel R38 + R36} \cdot V_{cc} = \frac{\frac{40k \cdot 40k}{40k + 40k}}{\frac{40k \cdot 40k}{40k + 40k} + 25k} \cdot 15V \quad (4.2)$$

$$= \frac{20k}{20k + 25k} \cdot 15V = 6.66V$$

Deci  $V_{senzor} \in [5.71V, 6.66V]$

Pentru a realiza adaptarea de impedanță am adăugat un repetor de tensiune:

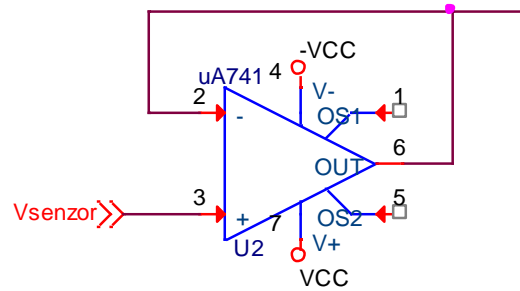


Fig. 4.1.2 Schema electrică a repetorului de tensiune

## 4.2 Convertorul de domeniu

Cu ajutorul convertorului de domeniu mi-am propus să extind domeniul de variație al  $V_{senzor}$  într-un domeniu mai mare. Consider o marjă de eroare de  $\pm 2V$  din  $VCC$ , deci domeniul la care vrem să ajungem este  $[2V, 13V]$ .

### 4.2.1 Amplificatorul diferențial

Pentru a ajunge din  $[5,71V, 6,66V]$  la  $[2V, 13V]$  vreau întâi să scad tensiunea în partea stângă cu  $2V$  pentru a ajunge la intervalul  $[0V, 11V]$ . Voi realiza acest lucru cu un amplificator diferențial:

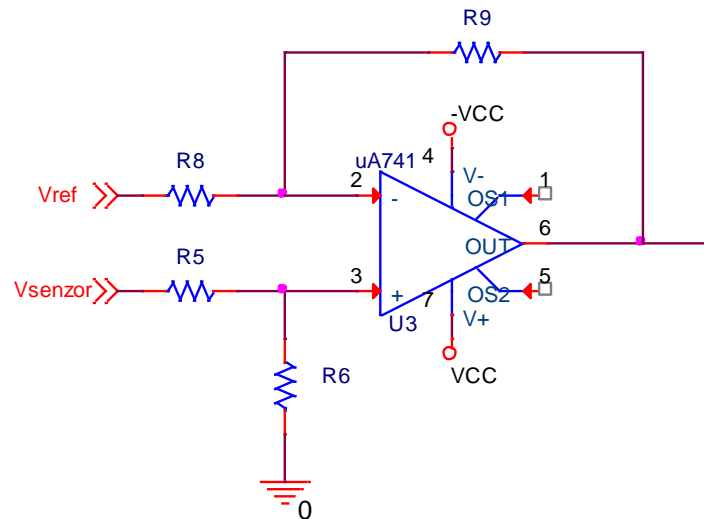


Fig 4.2.1. Schema amplificatorului diferențial

La un amplificator diferențial, în cazurile practice se folosește  $R8 = R5$  și  $R9 = R6$ .

Din domeniul  $[5,71V, 6,66V]$  scadem  $5,71V$  și ajungem la  $[0V, 0.95V]$ :

$$V_o = \frac{R9}{R8} \cdot (V_{senzor} - V_{ref}) \quad (4.3)$$

$$11V = \frac{R9}{R8} \cdot 0.95V \Rightarrow \frac{R9}{R8} = \frac{11V}{0.95V} = 11.57$$

Alegem  $R_8 = R_5 = 1k \Rightarrow R_9 = R_6 = 11.57k$

Pentru a folosi valori de rezistențe standardizate am ales pentru 11.57k să adaug două rezistențe în serie, una de 11k și una de 560Ω.

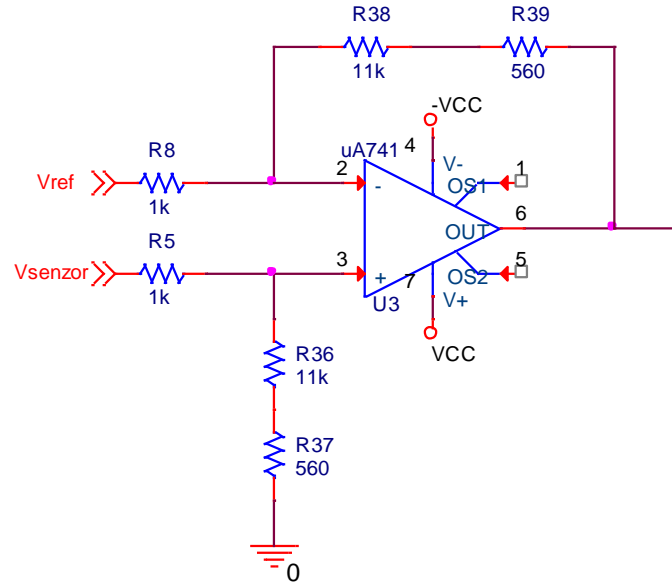


Fig 4.2.2. Schema amplificatorului diferențial după dimensionarea componentelor

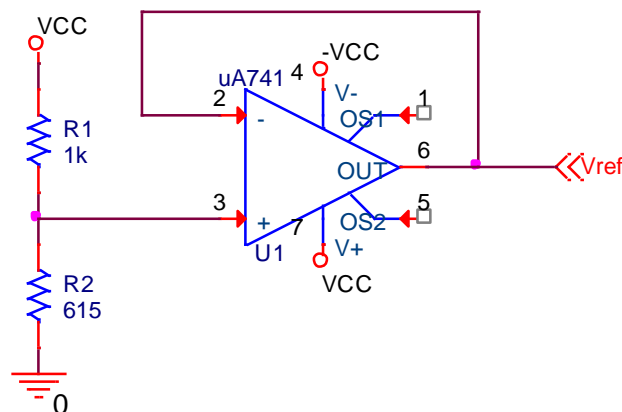
Tensiunea la borna negativă  $V_{ref}$  reprezintă tensiunea scăzută din domeniu (5,71V). Voi folosi un divizor de tensiune pentru aceasta:

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

$$5.71 V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.38 \Rightarrow R_2 = 0.38R_2 + 0.38R_1 \quad (4.4)$$

$$0.62R_2 = 0.38R_1$$

$$\text{Aleg } R_1 = 1k\Omega \Rightarrow R_2 = \frac{0.38}{0.62} \cdot 1k = 615\Omega$$



#### 4.2.2 Amplificatorul sumator

Pentru a ajunge din intervalul [0V, 11V] în [2V, 13V] am ales să folosesc un sumator neinvertor:

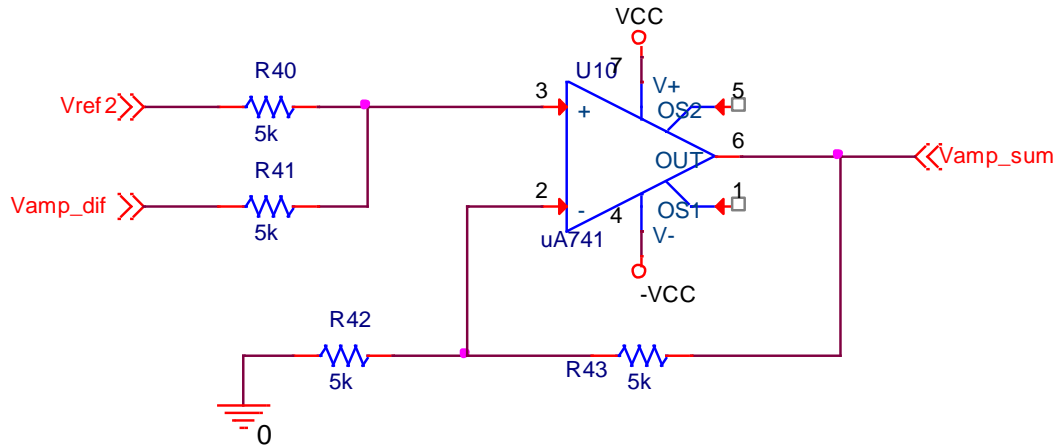


Fig 4.2.4 Schema electrică a sumatorului

Pentru sumatorul neinvertor se aleg uzual toate rezistențele egale:

- am ales  $R40 = R41 = R42 = R43 = 5k$

$V_{ref2}$  reprezintă tensiunea pe care dorim să o adunăm, adică 2V. Am folosit din nou un divizor de tensiune pentru a obține tensiunea dorită:

$$V_{ref2} = \frac{R14}{R13 + R14} \cdot VCC$$

$$2V = \frac{R14}{R13 + R14} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R14}{R13 + R14} = \frac{2}{15}$$

$$15R14 = 2R13 + 2R14 \Rightarrow 13R14 = 2R13 \Rightarrow R13 = \frac{13}{2}R14 \quad (4.5)$$

$$\Rightarrow R13 = 6.5R14$$

$$\text{Aleg } R14 = 1k \Rightarrow R13 = 6.5k$$

Voi alege 2 rezistențe în serie, una de  $6.2k\Omega$  și una de  $300\Omega$



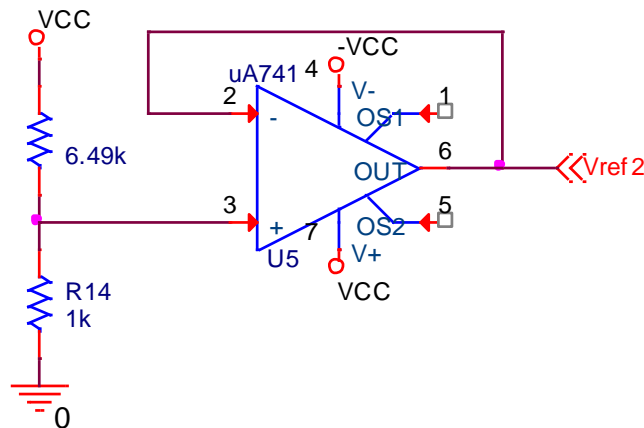


Fig 4.2.5. Vref2

### 4.3 Detecția pragurilor

#### 4.3.1 Transformarea semnalizărilor din procente în cm

Semnalizari: 0 – 20%, 20 – 30 %, 30 -55 %, 55 – 75%, 75 – 100%

$$\frac{20}{100} \cdot 210\text{cm} = 42\text{cm} \Rightarrow \text{Nivel 1: } 0\text{cm} - 42\text{cm}$$

$$\frac{30}{100} \cdot 210\text{cm} = 63\text{cm} \Rightarrow \text{Nivel 2: } 42\text{cm} - 63\text{cm}$$

$$\frac{55}{100} \cdot 210\text{cm} = 115,5\text{cm} \Rightarrow \text{Nivel 3: } 63\text{cm} - 115,5\text{cm}$$

$$\frac{75}{100} \cdot 210\text{cm} = 157,5\text{cm} \Rightarrow \text{Nivel 4: } 115,5\text{cm} - 157,5\text{cm}$$

$$\frac{100}{100} \cdot 210\text{cm} = 210\text{cm} \Rightarrow \text{Nivel 5: } 157,5\text{cm} - 210\text{cm}$$

#### 4.3.2 Comparatorul

Avem 5 valori de prag, deci vom folosi 5 comparatoare. Am ales să folosesc un comparator neinvertor:

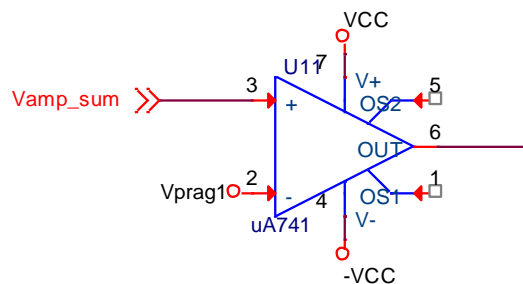


Fig 4.3.1 Schema electrică a comparatorului neinvertor

Pentru a afla tensiunile de prag ale comparatoarelor prima dată am efectuat un calcul pentru a afla cu câți V/cm variază domeniul.

0cm ..... 2V

210cm ..... 13V

$$\text{Variație} = \frac{13V - 2V}{210cm - 0cm} = \frac{11V}{210cm} = 0.052V/cm$$

Atunci:

$$V_{0cm} = 2V$$

$$V_{42cm} = 2V + 42cm \cdot 0.052 V/cm = 4.18V$$

$$V_{63cm} = 2V + 63cm \cdot 0.052 V/cm = 5.27V$$

$$V_{115.5cm} = 2V + 115.5cm \cdot 0.052 V/cm = 8V$$

$$V_{157.5cm} = 2V + 157.5cm \cdot 0.052 V/cm = 10.19V$$

Pentru aflarea tensiunilor de prag de mai sus vom folosi divizoare de tensiune:

$$V_{prag1} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot VCC$$

$$2V = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R1}{R1 + R14} = \frac{2}{15}$$

$$15R1 = 2R1 + 2R2 \Rightarrow 13R1 = 2R2 \Rightarrow R2 = \frac{13}{2} R1 \Rightarrow R2 = 6.5R1$$

$$\text{Aleg } R1 = 1k \Rightarrow R2 = 6.5k$$

Voi alege 2 rezistențe in serie, una de 6.2kΩ si una de 300 Ω

$$V_{prag2} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot VCC$$

$$4.18V = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R1}{R1 + R14} = 0.278$$

$$R1 = 0.278R1 + 0.278R2 \Rightarrow 0.788R1 = 0.278R2$$

$$\text{Aleg } R2 = 1k \Rightarrow R1 = \frac{0.278}{0.788} \cdot 1k = 385 \Omega$$

Voi alege 2 rezistențe in serie, una de 360 Ω si una de 24 Ω

$$V_{prag3} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot VCC$$

$$5.27V = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R1}{R1 + R14} = 0.351V$$

$$R1 = 0.351R1 + 0.351R2 \Rightarrow 0.649R1 = 0.351R2$$

$$\text{Aleg } R2 = 1k \Rightarrow R1 = \frac{0.351}{0.649} \cdot 1k = 540 \Omega$$

Voi alege 2 rezistențe in serie, una de 510  $\Omega$  si una de 30  $\Omega$

$$V_{prag4} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot VCC$$

$$8V = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R1}{R1 + R14} = 0.533V$$

$$R1 = 0.533R1 + 0.533R2 \Rightarrow 0.467R1 = 0.533R2$$

$$\text{Aleg } R2 = 1k \Rightarrow R1 = \frac{0.533}{0.467} \cdot 1k = 1.14k\Omega$$

Voi alege 2 rezistențe in serie, una de 1.1k $\Omega$  si una de 39  $\Omega$

$$V_{prag5} = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot VCC$$

$$10.19V = \frac{R1}{R1 + R2} \cdot 15V \Rightarrow \frac{R1}{R1 + R14} = 0.679V$$

$$R1 = 0.679R1 + 0.679R2 \Rightarrow 0.321R1 = 0.679R2$$

$$\text{Aleg } R2 = 1k \Rightarrow R1 = \frac{0.679}{0.321} \cdot 1k = 2.11k\Omega$$

Voi alege 2 rezistențe in serie, una de 2k $\Omega$  si una de 110  $\Omega$

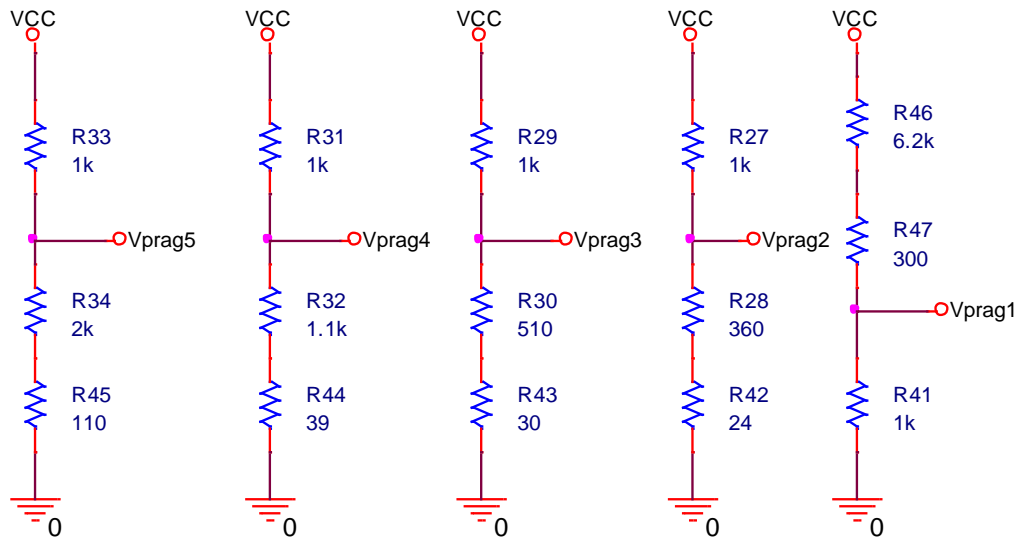
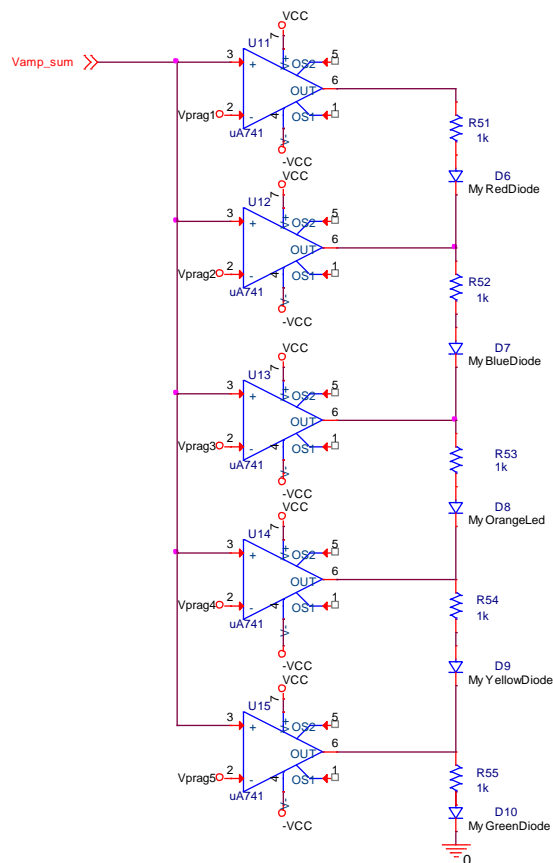


Fig 4.3.2 Pragurile comparatoarelor după dimensionare

#### 4.4 Semnalizare

Pentru a semnaliza depășirea pragurilor am ales să modelez 5 LED-uri, fiecare fiind de culoare diferită și acționând în mod individual (fiecare LED se aprinde doar în domeniul pe care îl semnalizează). Am adăugat în serie cu fiecare LED câte o rezistență pentru a limita curentul care trece prin fiecare LED.



Pentru a modela LED-urile am procedat în felul următor:

- am luat caracteristica LED-ului din datasheet si cu ajutorul site-ului <https://plotdigitizer.com/app> am luat punctele de pe caracteristica.
- am modelat LED-ul in ModelEditor si apoi l-am implementat in circuit.
- 

Blue LED Datasheet	22/04/2022 10:25	Firefox PDF Docu...	305 KB
Green LED Datasheet	22/04/2022 11:43	Firefox PDF Docu...	330 KB
Orange LED Datasheet	22/04/2022 11:46	Firefox PDF Docu...	480 KB
Red LED Datasheet	15/04/2022 18:02	Firefox PDF Docu...	614 KB
Yellow LED Datasheet	22/04/2022 11:39	Firefox PDF Docu...	491 KB
ValuesBlueLed	22/04/2022 10:28	Microsoft Excel Co...	1 KB
ValuesGreenLed	22/04/2022 11:45	Microsoft Excel Co...	1 KB
ValuesOrangeLED	22/04/2022 11:48	Microsoft Excel Co...	1 KB
ValuesREDledcaract	15/04/2022 18:17	Microsoft Excel Co...	1 KB
ValueYellowLed	22/04/2022 11:41	Microsoft Excel Co...	1 KB
BlueLedCaracteristica	22/04/2022 10:26	PNG File	9 KB
GreenLedCaracteristica	22/04/2022 11:44	PNG File	15 KB
OrangeLedCaracteristica	22/04/2022 11:47	PNG File	29 KB
RedLedCaracteristica	15/04/2022 18:04	PNG File	18 KB
YellowLedCaracteristica	22/04/2022 11:40	PNG File	18 KB

Fig 4.4.1 Fișierele unde am valorile de pe caracteristică

## 5. Simulări.

### 5.1 Variația tensiunii de la ieșirea senzorului.

Pentru a vizualiza variația tensiunii de la ieșirea senzorului am rulat o analiză DC Sweep. Vom vizualiza  $V_{\text{senzor}}$  în funcție de  $\{r\}$ .

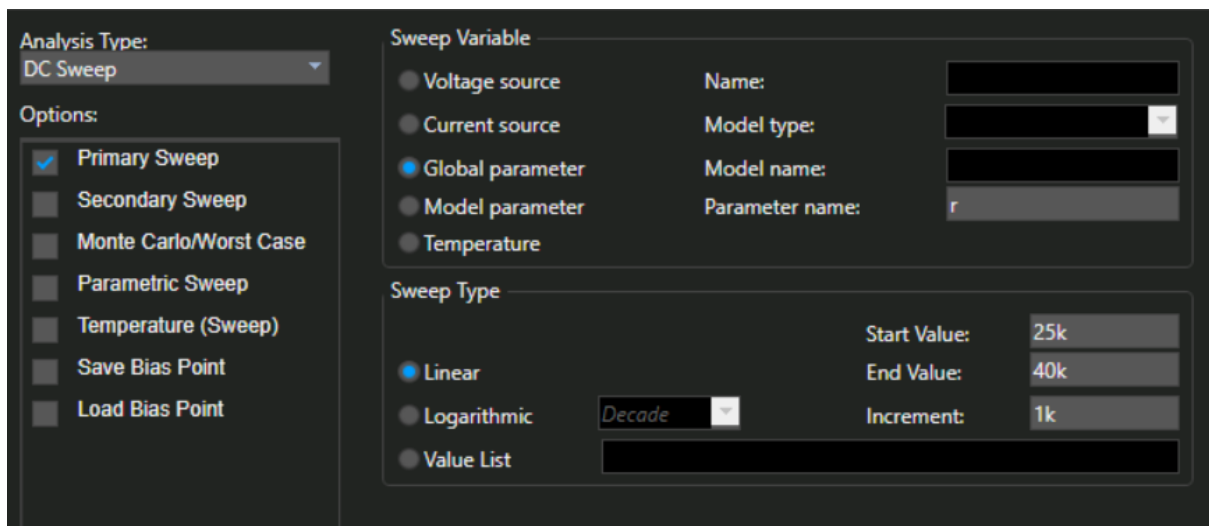


Fig 5.1.1 Setarea analizei DC Sweep pentru a vizualiza  $V_{\text{senzor}}$

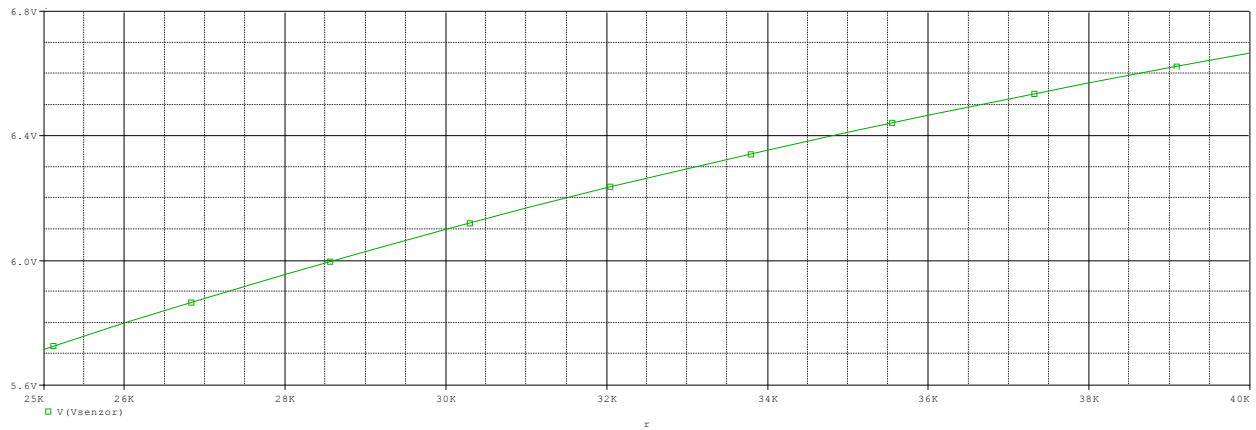


Fig 5.1.2 Variația senzorului

Din grafic se poate observa că Vsenzor variază linear între [5,71V, 6,66V]

## 5.2 Variația tensiunii la ieșirea amplificatorului diferențial și a sumatorului

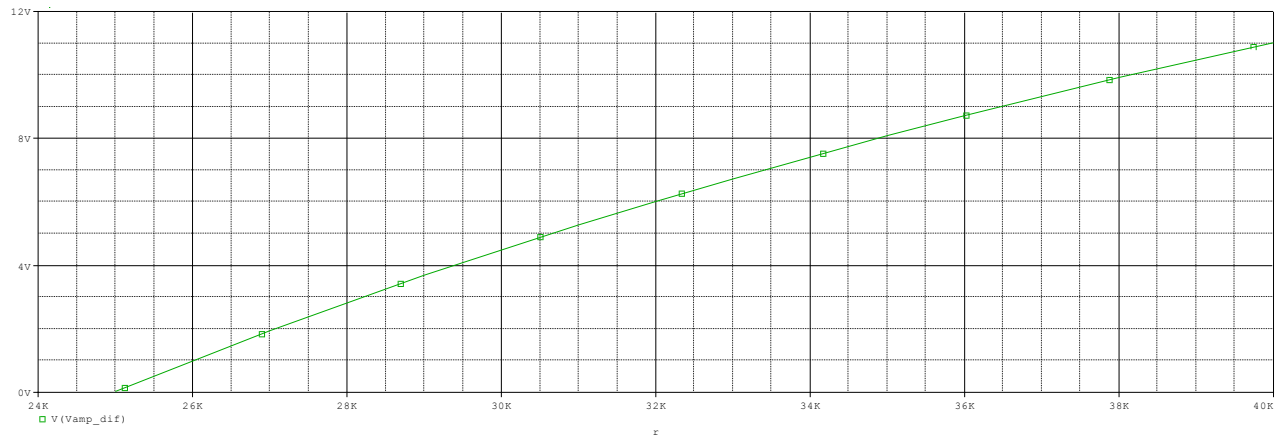


Fig 5.2.1 Variația tensiunii la ieșirea amplificatorului diferențial

Se observă că tensiunea variază în domeniul dorit de noi, adică între [0V, 11V]

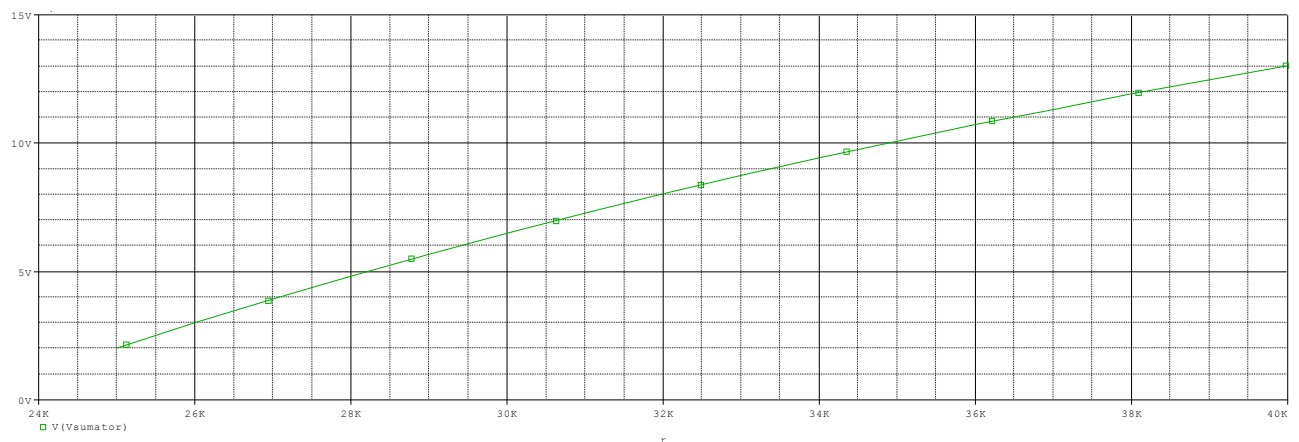
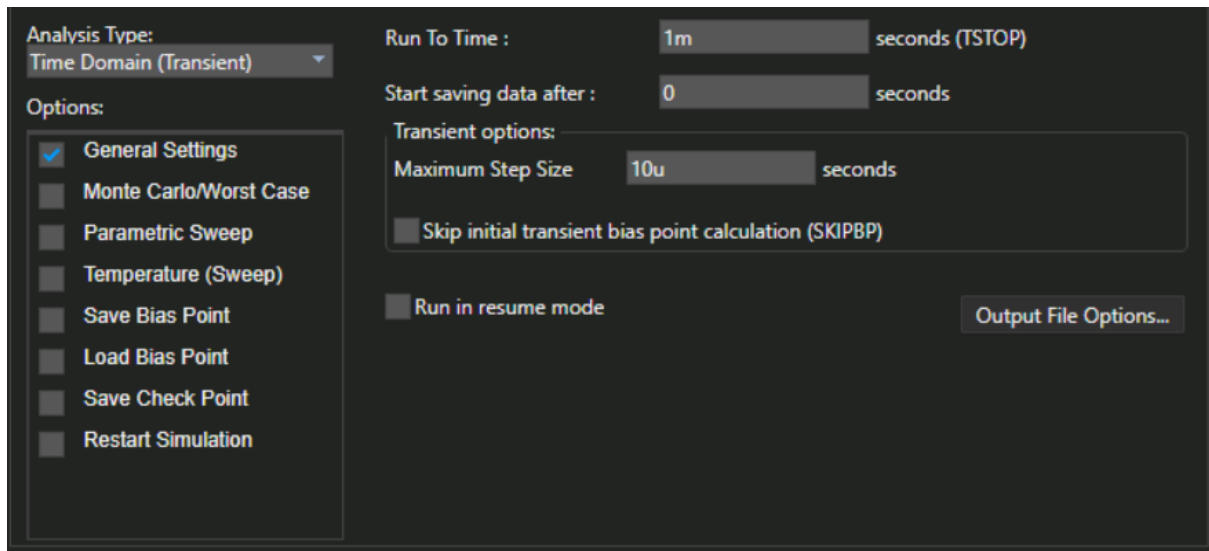


Fig 5.2.2 Variația tensiunii la ieșirea sumatorului

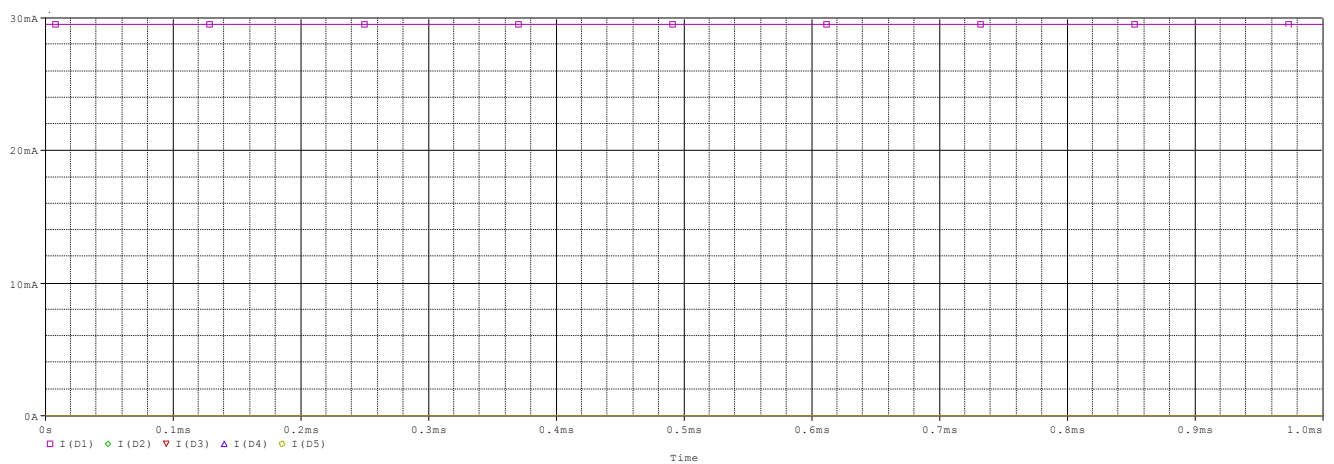
Se observă că tensiunea crește, aceasta variază între [2V, 13V].

### 5.3 Simularea LED-urilor

Pentru a verifica dacă LED-urile se aprind în mod corect am rulat o analiză tranzitorie și setez parametrul {r} la o valoare fixă.

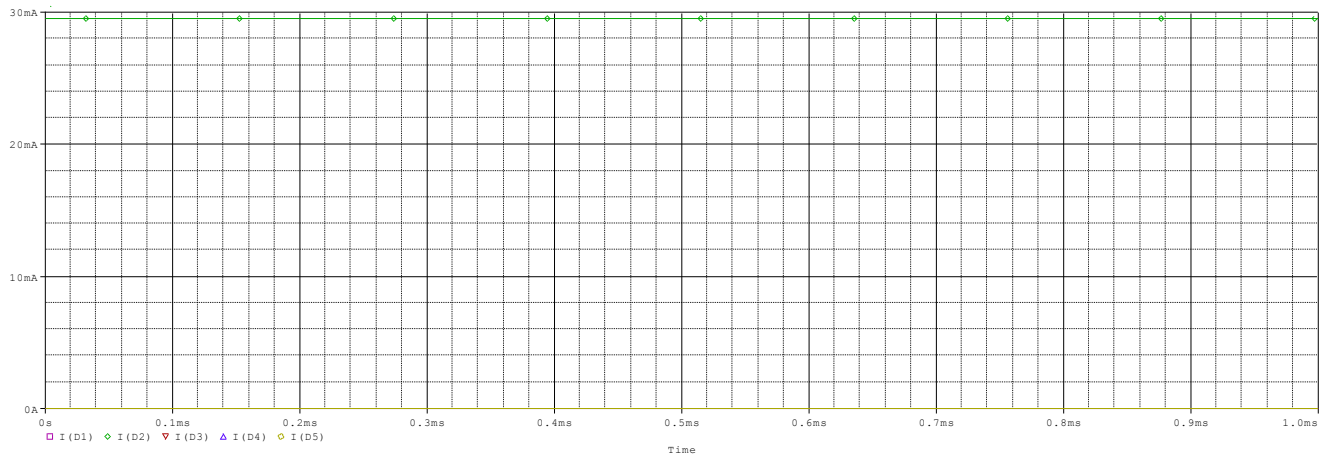


$R = 26k$ :



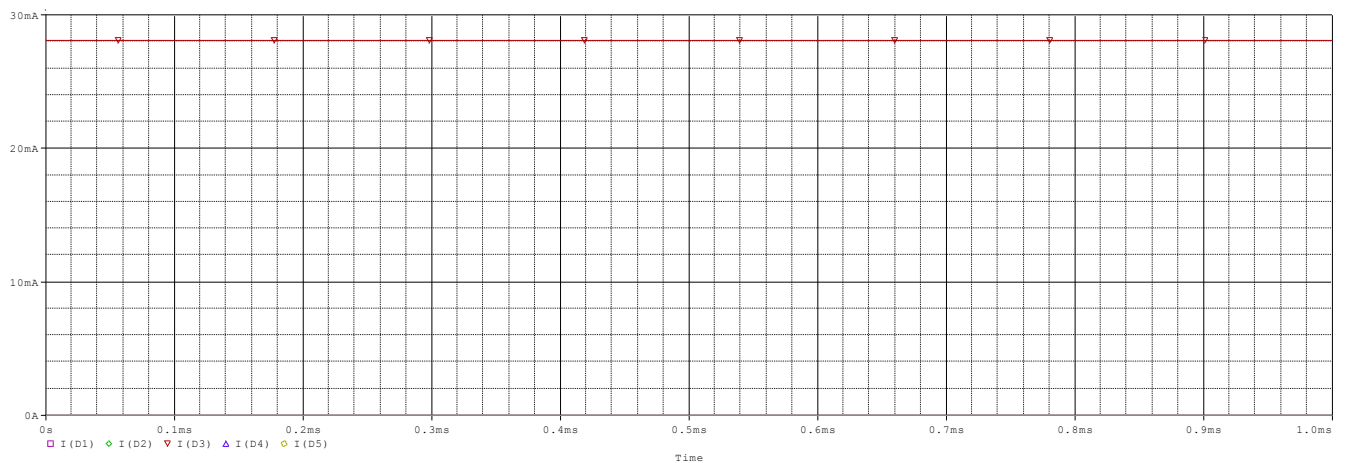
Pentru  $R = 26k$  ne aflăm în primul domeniu (0-20%) și se observă în grafic că doar prin primul LED trece curent.

$R = 28k$ :



Pentru  $R = 28k$  ne aflăm în al doilea domeniu (20-30%) și se observă în grafic că doar prin al doilea LED trece curent.

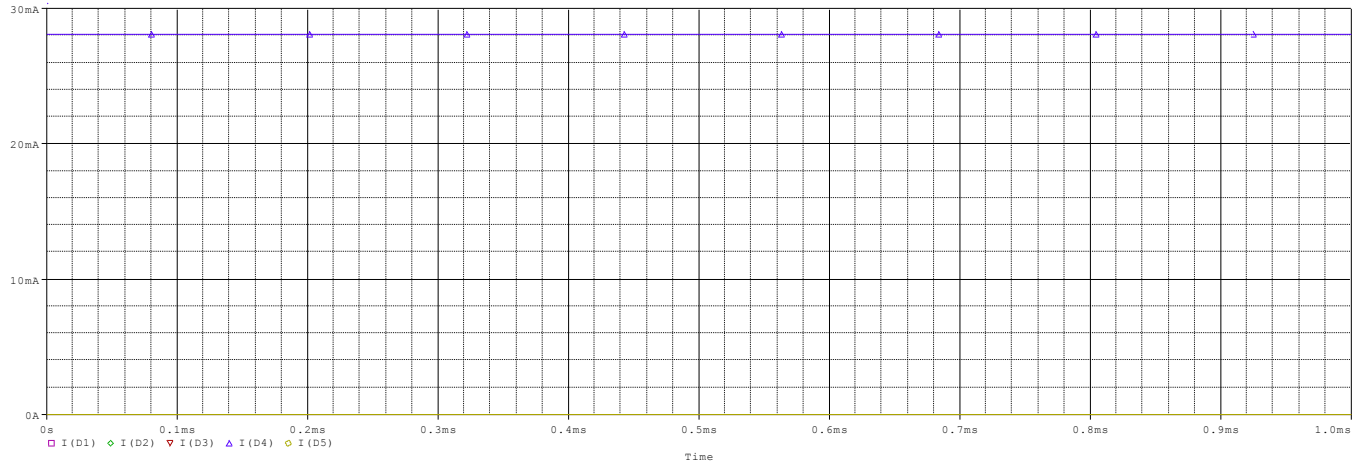
$R = 30k$ :



Pentru  $R = 30k$  ne aflăm în al treilea domeniu (30-55%) și se observă în grafic că doar prin al treilea LED trece curent.

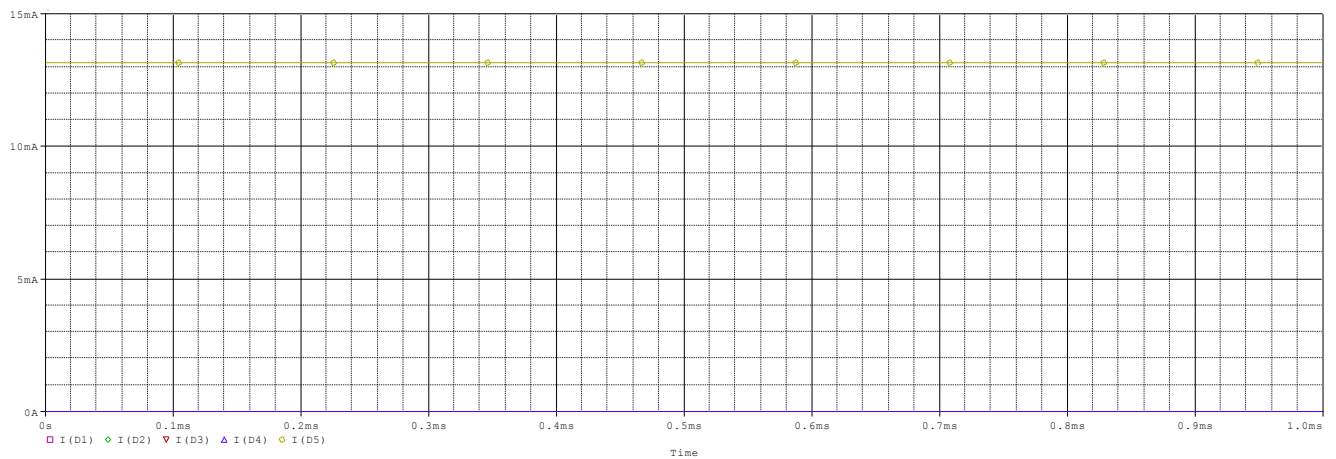


$R = 32k$ :



Pentru  $R = 32k$  ne aflăm în al patrulea domeniu (55-75%) și se observă în grafic că doar prin al patrulea LED trece curent.

$R = 37k$ :



Pentru  $R = 37k$  ne aflăm în al cincilea domeniu (75%-100%) și se observă în grafic că doar prin al cincilea LED trece curent.

## 6. Bibliografie

<https://plotdigitizer.com/app>

[http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/DE\\_Curs8.pdf](http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/DE_Curs8.pdf)

<https://asenergi.com/pdf/resistors/standard-resistor-values-e24.pdf>

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua741.pdf>

Proiectare asistată de calculator. Aplicații – Ovidiu Pop, Raul Fizeșan, Gabriel Chindriș. Editura U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2013

<https://sites.google.com/site/bazeleelectronicii/>