

PROIECT TEHNICI CAD

CIRCUIT PENTRU MĂSURAREA NIVELULUI DE ILUMINARE

STUDENT:

Negură Marcel Ionuț

Seria A, Grupa 2124

CUPRINS

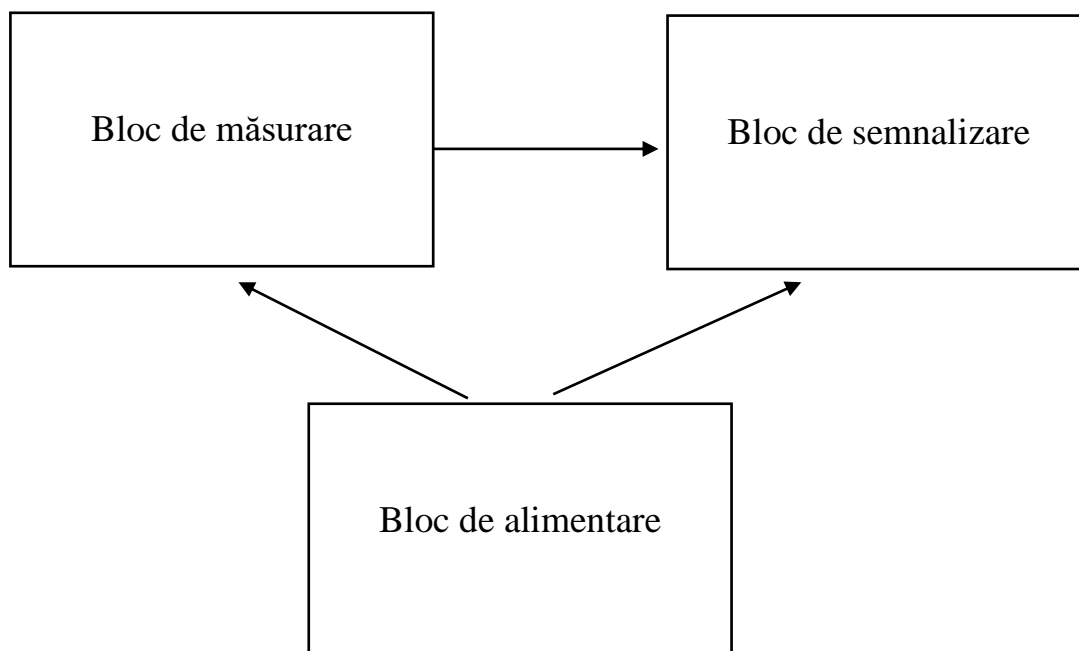
1. Cerință proiect.....	3
2. Schema bloc a circuitului.....	4
3. Calcule necesare proiectării.....	5-9
4. Dimensionarea componentelor.....	10-13
5. Schema electrică.....	14-15
6. Simulări pe baza schemei electrice.....	15-24
7. Bibliografie.....	25

1.Cerință proiect

Să se proiecteze un circuit electronic pentru măsurarea nivelului de iluminare dintr-o camera, în domeniul specificat. Circuitul este prevăzut cu 3 sau mai multe indicatoare led care semnalizează depășirea pragurilor. De asemenea, circuitul este alimentat de la tensiunea +/- VCC. LED-urile trebuie să fie de culori diferite pentru fiecare domeniu specificat. Rezistența electrică a traductorului de lumina variază linear cu valoarea nivelului de iluminare măsurat.

Intensitatea luminoasa [lux]	Domeniul de variație al rezistenței traductorului de lumină	+/- VCC	Semnalizări [lux]	Mod semnalizare
300-900	3k-13k	16	<300, 300-440, 440-550, 550-900, >900	Individual

2. Schema bloc a circuitului



Blocul de alimentare:

- format din sursa VCC

Blocul de măsurare:

- format dintr-un rezistor și un potențiomtru (care simulează comportarea unui fotorezistor);
- este practic un divizor de tensiune care va fi influențat de valorile date de potențiomtru.

Blocul de semnalizare:

- format din 5 amplificatoare ua741, 4 divizoare de tensiune, 5 LED-uri de diferite culori și 5 rezistori necesari celor 5 LED-uri.

În cadrul blocului de semnalizare am descris ce va face fiecare piesă în parte.

Cele 5 amplificatoare vor avea funcția de comparator, 4omparand tensiunile primite de la blocul de măsurarea cu tensiunile primite de la divizoarele de tensiune și respectiv de la masă, în ultimă instanță. Rezultatul comparatoarelor va fi conectat la cele 5 LED-uri în combinație cu cei 5 rezistori necesari LED-urilor, iar ca semnalizarea noastră să fie individuală vom conecta în paralel cele 5 amplificatoare.

3. Calcule necesare proiectării

Pentru blocul de măsurare, după cum spuneam, am folosit un potențiomtru în locul unui fotorezistor și am simulat comportarea acestuia. În cazul unui fotorezistor, rezistența crește la scăderea intensității luminoase și scade la creșterea acesteia. Pentru a simula cât mai bine comportarea acelui fotorezistor am luat coeficientul de variație al potențiomtru la 0 atunci când nivelul de iluminare e cel mai mic (<300 lux) și 1 atunci când nivelul de iluminare e cel mai mare (>900 lux).

Am ales un potențiomtru de $20k\Omega$ pe care îl voi descrie în partea de dimensionare.

900 lux..... $3k\Omega$

300 lux..... $13k\Omega$

Variația este una liniară, prin urmare: $m = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}$

$$m = \frac{300 - 900}{13k\Omega - 3k\Omega} = -0,06$$

$$y - y_a = m(x - x_a)$$

$$y - 900 = -0,06(x - 3k\Omega)$$

$$550 - 900 = -0,06(x - 3k\Omega)$$

Pentru $y=550$ lux => $-350 = -0,06(x - 3k\Omega)$

$$x = 8,833k\Omega$$

$$440 - 900 = -0,06(x - 3k\Omega)$$

Pentru $y=440$ lux => $-460 = -0,06(x - 3k\Omega)$

$$x = 10,66k\Omega$$

Vom avea nevoie de semnalizări la: <300 lux.....< $13k\Omega$

300- 440 lux..... $10,66k\Omega$ - $13k\Omega$

440- 500 lux..... $8,833k\Omega$ - $10,66k\Omega$

500- 900 lux..... $3k\Omega$ - $8,83k\Omega$

>900 lux.....< $3k\Omega$

După cum spuneam, circuitul de măsurare e compus dintr-un divizor de tensiune. Rezistența divizorului am ales-o la o valoare cât mai favorabilă calculelor ($5k\Omega$), la fel și valoarea potențiometrului.

Prin urmare, tensiunea rezultată de la circuitul de măsurare va fi următoarea:

$v = \frac{R_{ph}}{R_D + R_{ph}} v_{CC}$, unde R_{ph} va fi rezistența fotorezistorului (a potențiometrului în simularea noastră) cu valori între 0- $20k\Omega$

R_D va fi rezistența divizorului (a doua) care va avea $5k\Omega$

În continuare am calculat tensiunea de ieșire minimă și cea maximă de la ieșirea circuitului de măsurare pentru domeniul de variație al traductorului (potențiometrului).

$$V_{\min} = \frac{3k\Omega}{5k\Omega + 3k\Omega} \cdot 16 = 6V \quad V_{\max} = \frac{13k\Omega}{5k\Omega + 13k\Omega} 16 = 11,55V$$

Observăm că atunci când valoarea traductorului e minimă avem tensiunea minimă și când valoarea traductorului e maximă avem tensiunea maximă.

Vom calcula și celelalte valori ale tensiunilor atunci când atingem valorile domeniilor.

$$\text{Pentru } R_{ph} = 8,833k\Omega \Rightarrow V = \frac{8,833k\Omega}{5k\Omega + 8,833k\Omega} \cdot 16 = 10,22V$$

$$\text{Pentru } R_{ph} = 10,66k\Omega \Rightarrow V = \frac{10,66k\Omega}{5k\Omega + 10,66k\Omega} \cdot 16 = 10,89V$$

Mai jos am calculat și coeficientul potențiometrului la fiecare interval după următorul raționament. Am considerat că potențiometrul meu va avea $\alpha = 0$ (conectarea fiind făcută astfel încât aici să am $20k\Omega$) atunci când intensitatea luminoasă va fi cea mai mică (intervalul <300 lux) și $\alpha = 1$ (conectarea fiind făcută astfel încât aici să am $0k\Omega$) când intensitatea luminoasă va fi cea mai mare (>900 lux).

Vom calcula α pentru fiecare interval al tensiunii aplicând următoarea formula:

$$\frac{(1-\alpha) \cdot 20k\Omega}{5k\Omega + (1-\alpha) \cdot 20k\Omega} \cdot 16 = V, \text{ unde } V - \text{fiecare tensiune}$$

$$\alpha \text{ pentru } 6V = 0,85$$

$$\alpha \text{ pentru } 10,89V = 0,47$$

$$\alpha \text{ pentru } 10,21V = 0,56$$

$$\alpha \text{ pentru } 11,55V = 0,35$$

În cele din urmă avem toate intervalele necesare pentru proiectare

Intensitatea	α potențiomtru	Rezistență Potențiomtru	Tensiune ieșire bloc de măsurare
<300 lux	<0,35	>13k Ω	>11,55V
300- 440 lux	0,35- 0,47	10,66k Ω - 13k Ω	10,89V- 11,55V
440- 500 lux	0,47- 0,56	8,83k Ω - 10,66k Ω	10,22V- 10,89V
500- 900 lux	0,56- 0,85	3k Ω - 8,83k Ω	6V- 10,22V
>900 lux	>0,85	<3k Ω	<6V

Acum ne vom ocupa de calculele necesare proiectării blocului de semnalizare.

După cum spuneam, voi folosi 5 amplificatoare pe care voi realiza compararea tensiunii de la ieșirea blocului de măsurare (conectată pe borna pozitivă a comparatorului) cu o tensiune de referință (conectată pe borna negativă). Această tensiune de referință trebuie să fie egală cu una din tensiunile de la ieșirea blocului de măsurare în momentul când se schimbă intensitatea sau pragul de lumina în care ne aflăm.

Amplificatorul nostru fiind un comparator neinversor va funcționa în felul următor. Atunci când tensiunea de intrare depășește tensiunea de referință, ieșirea comparatorului va fi +VCC, iar în caz contrar va fi -VCC.

Prin urmare, tensiunile noastre de referință vor fi următoarele:

- 11,55V pentru intensitatea <300 lux
- 10,89V pentru intensitatea 300- 440 lux
- 10,22V pentru intensitatea 440- 500 lux
- 6V pentru intensitatea 500-900 lux
- 0V (masa) pentru intensitatea >900 lux

Așadar avem nevoie de 4 divizoare de tensiune care să ne dea tensiunile de referință. Pentru aceste divizoare am ales implicit un rezistor de 1k Ω . Mai jos am realizat calculele necesare aflării celui de-al doilea rezistor în fiecare caz.

Am folosit următoarea formulă pentru fiecare V_{Ref} : $\frac{R}{1k\Omega + R} \cdot v_{cc} = V_{ref}$

Efectuând calculele am obținut R pentru fiecare tensiune de referință:

- pentru $V_{Ref} = 11,55V$, $R = 2,59k\Omega$
- pentru $V_{Ref} = 10,89V$, $R = 2,13k\Omega$
- pentru $V_{Ref} = 10,22V$, $R = 1,77k\Omega$
- pentru $V_{Ref} = 6V$, $R = 600\Omega$

Acum că avem pragurile de comparare și ieșirea comparatorului egală cu $\pm V_{CC}$, trebuie să ne ocupăm de “aprinderea” LED-urilor, individual pentru fiecare interval. Folosindu-mă de faptul că un LED se deschide (se aprinde) doar dacă tensiunea din anod este mai mare decât tensiunea din catod am conectat ieșirile comparatoarelor în paralel, astfel pentru fiecare interval se va aprinde doar o diodă, adică cea care la anod va avea $+V_{CC}$ primit de la comparator iar la catod $-V_{CC}$ primit de la comparatorul pragului următor, sau 0 în cazul ultimului prag. LED-ul se va “stinge” în momentul în care potențialele vor fi aceleași sau foarte apropiate, practic atunci când două comparatoare dau la ieșire $+V_{CC}$, LED-ul indicator nivelului de la comparatorul cu tensiunea de referință mai mică se va stinge.

Pentru fiecare interval am ales să folosesc LED-uri de culori diferite și am folosit următoarele LED-uri:

Intensitate	Culoare LED	V_{LED}	I_{LED}
<300 lux	roșu	2V	20mA
300- 440 lux	portocaliu	2V	20mA
440- 500 lux	galben	2,4V	20mA
500- 900 lux	verde	2,4V	20mA
>900 lux	albastru	3,9V	20mA

În cele din urmă vom calcula valoarea rezistențelor pentru fiecare LED în parte, bazându-ne pe ceea ce avem conectat la capetele fiecăreia.

Pentru **LED-ul roșu**, care va avea catodul conectat la masă vom avea:

$$R_{LEDroșu} = \frac{v_{CC} - v_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 - 2}{20mA} = 700\Omega$$

Pentru **LED-ul portocaliu**, care va avea catodul conectat la amplificatorul anterior vom avea:

$$R_{LEDportocaliu} = \frac{v_{CC} - (-v_{CC}) - v_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 + 16 - 2}{20mA} = 1,5k\Omega$$

Pentru **LED-ul galben**, care va avea catodul conectat la amplificatorul anterior vom avea:

$$R_{LEDgalben} = \frac{v_{CC} - (-v_{CC}) - v_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 + 16 - 2,4}{20mA} = 1,48k\Omega$$

Pentru **LED-ul verde**, care va avea catodul conectat la amplificatorul anterior vom avea:

$$R_{LEDverde} = \frac{v_{CC} - (-v_{CC}) - v_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 + 16 - 2,4}{20mA} = 1,48k\Omega$$

Pentru **LED-ul albastru**, care va avea catodul conectat la amplificatorul anterior vom avea:

$$R_{LEDalbastru} = \frac{v_{CC} - (-v_{CC}) - v_{LED}}{I_{LED}} = \frac{16 + 16 - 3,9}{20mA} = 1,4k\Omega$$

4. Dimensionarea componentelor

Singurele componente care au fost dimensionate cu ajutorul “Model Editor”-ului prezent în OrCad au fost LED-urile necesare semnalizării. Această dimensionare a fost realizată pe baza datelor prezente în catalog. Mai jos am atașat imagini din timpul dimensionării și o simulare pe baza căreia am văzut funcționarea unei diode, fapt ce mi-a confirmat modelarea corectă.

Totodată, în partea de Bibliografie am atașat link-urile la care se găsesc foile de catalog după care am făcut dimensionările.

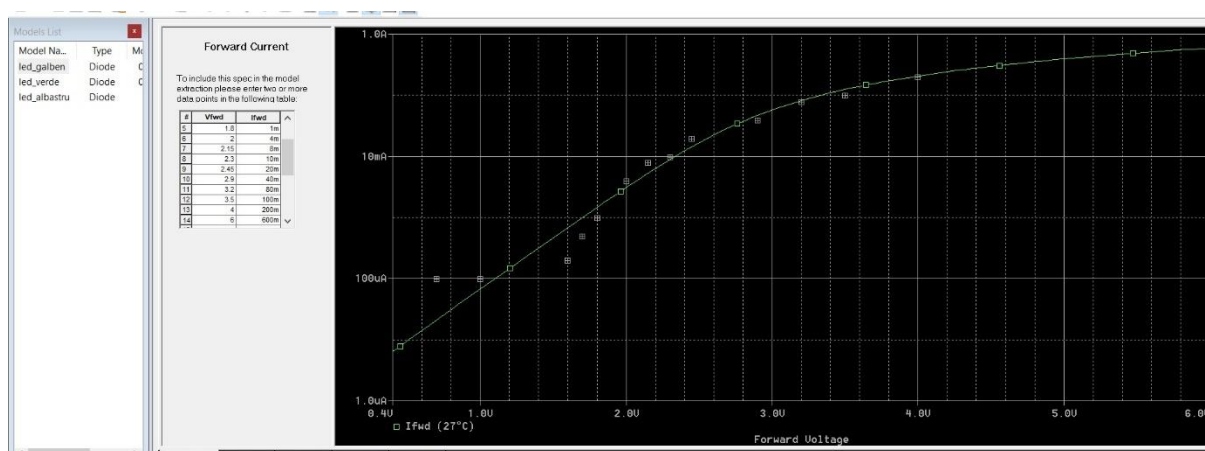


Figura 1 – Grafic rezultat în urma proiectării LED-ului galben

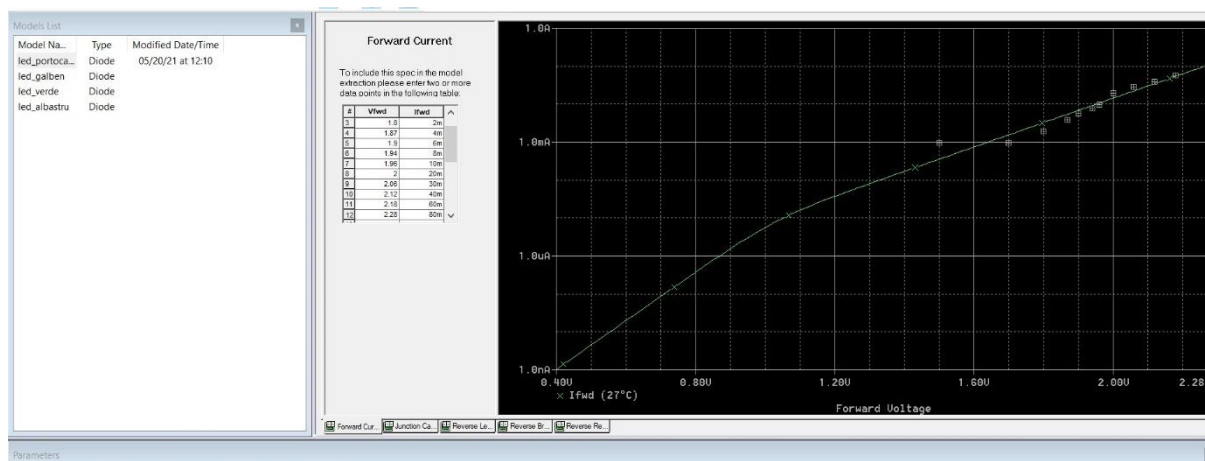


Figura 2 – Grafic rezultat în urma proiectării LED-ului portocaliu

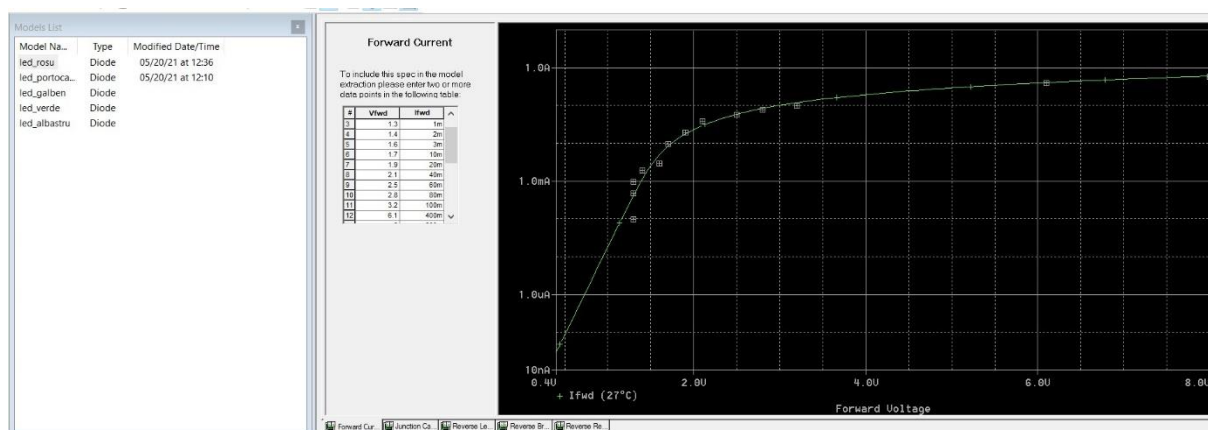


Figura 3 – Grafic rezultat în urma proiectării LED-ului roșu

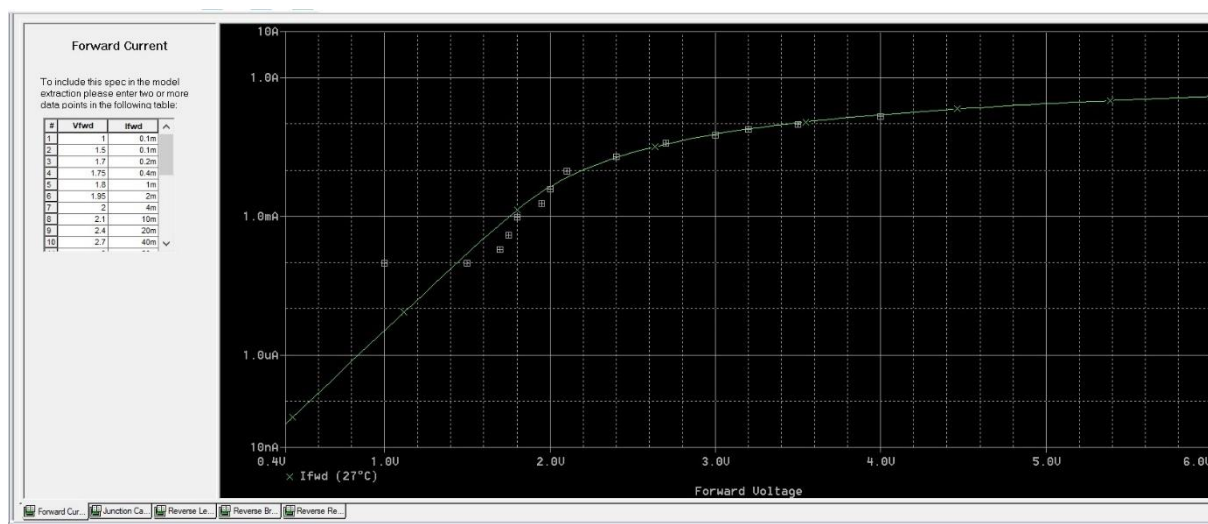


Figura 4 – Grafic rezultat în urma proiectării LED-ului verde

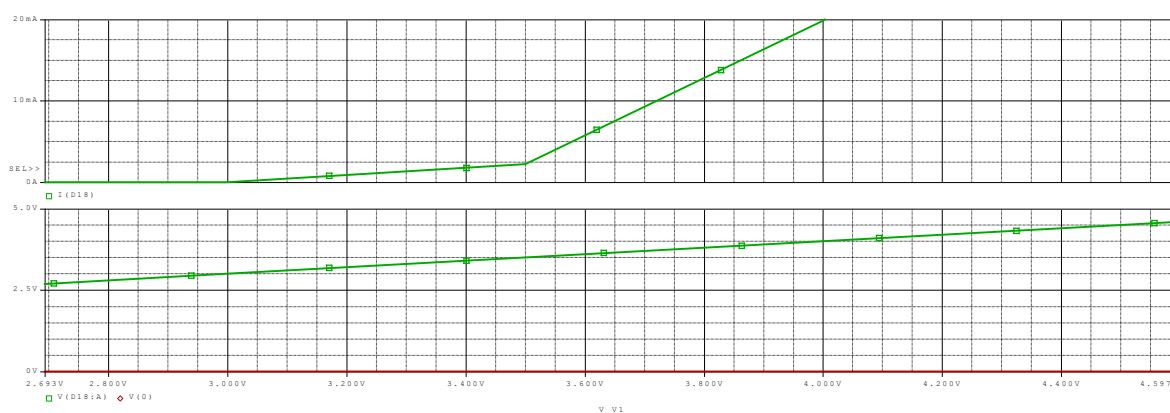


Figura 5 – Analiză DC pe baza LED-ului albastru

În ceea ce privește LED-ul albastru, pe baza lui am făcut simularea DC sweep în care am verificat dimensionarea corectă a diodelor. Din figura de mai sus putem observa că LED-ul nostru atinge pragul de 20mA în momentul în care tensiunea depășește pragul de 4V (3,9V fiind tensiunea normală).

La partea de amplificatoare am ales să folosesc amplificator uA741 deoarece acesta accepta un VCC de +/-22V iar tensiunea de intrare putea fi până la 15V, la mine valoarea maximă fiind de 12,8V, atunci când intensitatea luminoasă este minimă. La fel ca în cazul LED-urilor, am atașat foaia de catalog în Bibliografie.

După cum spuneam, pentru a simula un traductor de lumină am folosit un potențiomtru de 20k Ω . Am ales această valoare deoarece era una standardizată și îmi cuprindea intervalul domeniului de variație de 3k Ω -13k Ω . În partea de Bibliografie am atașat foaia de catalog a potențiometrului folosit.

Legat de rezistori, am ales să-i folosesc pe cei cu valori standardizate și cu o toleranță de +/-1% (E96). Mai jos am făcut în tabel în care am pus valoarea fiecărui rezistor ales, iar în partea de Bibliografie am inclus un link cu locul din care am luat aceste valori.

Rezistorul	Valoarea calculată	Valoarea standardizată	Toleranța (+/-)
R _{divizor} (bloc măsurare)	5k Ω	4.99k Ω	1%
R _{divizor} (bloc semnalizare)- valoarea aleasă	1k Ω	1k Ω	1%
R _{divizor} (bloc semnalizare)- valoarea calculată pentru V _{Ref} >11,55V	2,59k Ω	2,61k Ω	1%
R _{divizor} (bloc semnalizare)- valoarea calculată pentru V _{Ref} >10,89V	2,13k Ω	2,15k Ω	1%
R _{divizor} (bloc semnalizare)- valoarea calculată pentru V _{Ref} >10,22V	1,77k Ω	1,78k Ω	1%
R _{divizor} (bloc semnalizare)- valoarea calculată pentru V _{Ref} >6V	600 Ω	604 Ω	1%
R _{LED} (culoare - roșu)	700 Ω	698 Ω	1%
R _{LED} (culoare - portocaliu)	1,5k Ω	1,5k Ω	1%

R_{LED} (culoare - galben)	1,48k Ω	1,47k Ω	1%
R_{LED} (culoare - verde)	1,48k Ω	1,47k Ω	1%
R_{LED} (culoare - albastru)	1,4k Ω	1,4k Ω	1%

5. Schema electrică

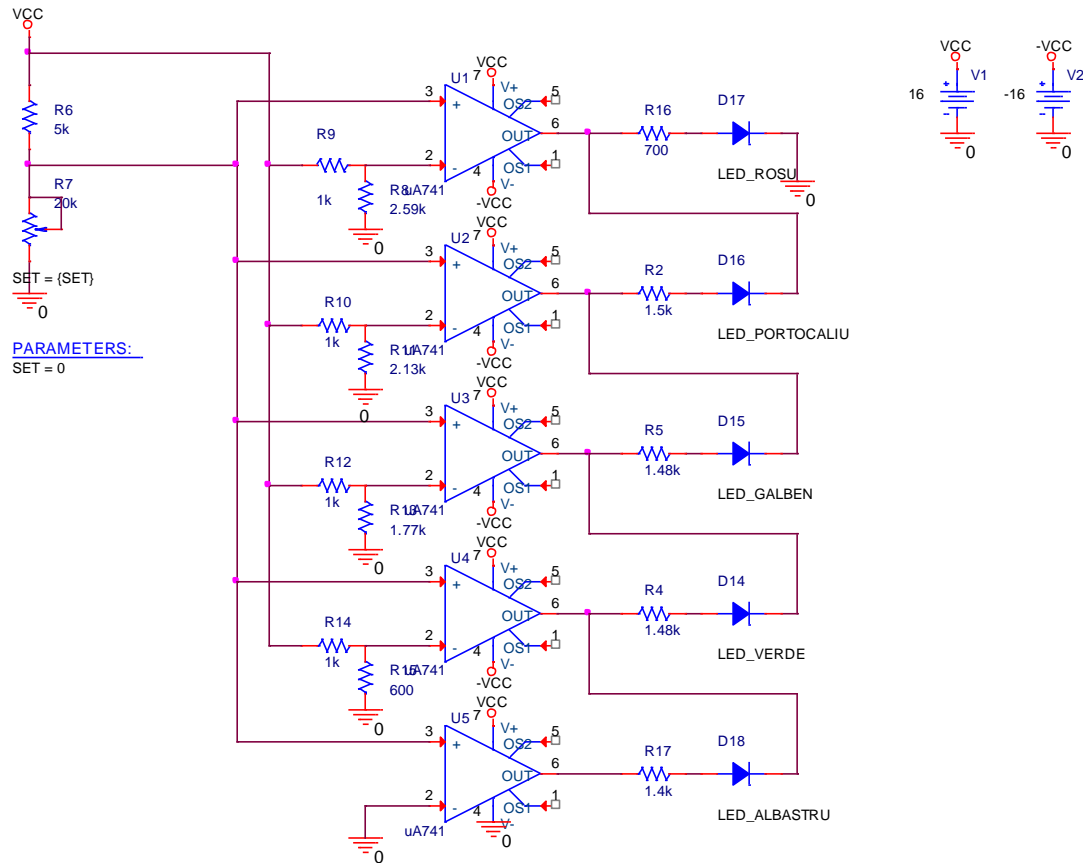


Figura 6- Schema electrică a circuitului în cazul ideal

În dreapta circuitului se observă blocul de alimentare.

În stânga circuitului e prezent blocul de măsurare format din divizorul de tensiune de care spuneam mai sus. Pentru potențiometrul R7 am ales ca SET-ul, să îl pot varia cu un parametru, acest SET reprezentând practic intensitatea luminoasă.

Centrul figurii reprezintă blocul de semnalizare format din cele 5 amplificatoare, cu divizoarele aferente, și cele 5 diode, la fel cu divizoarele aferente.

După cum se poate observa și pe figură, -VCC-ul ultimului comparator l-am conectat la masa în ideea de a putea menține acel LED aprins chiar și atunci când tensiunea de la intrarea comparatorului se apropie foarte mult de 0, iar comparatorul va avea la ieșire -VCC (practic acest LED să fie aprins continuu, atât timp cât depășim valoarea de 900 lux).

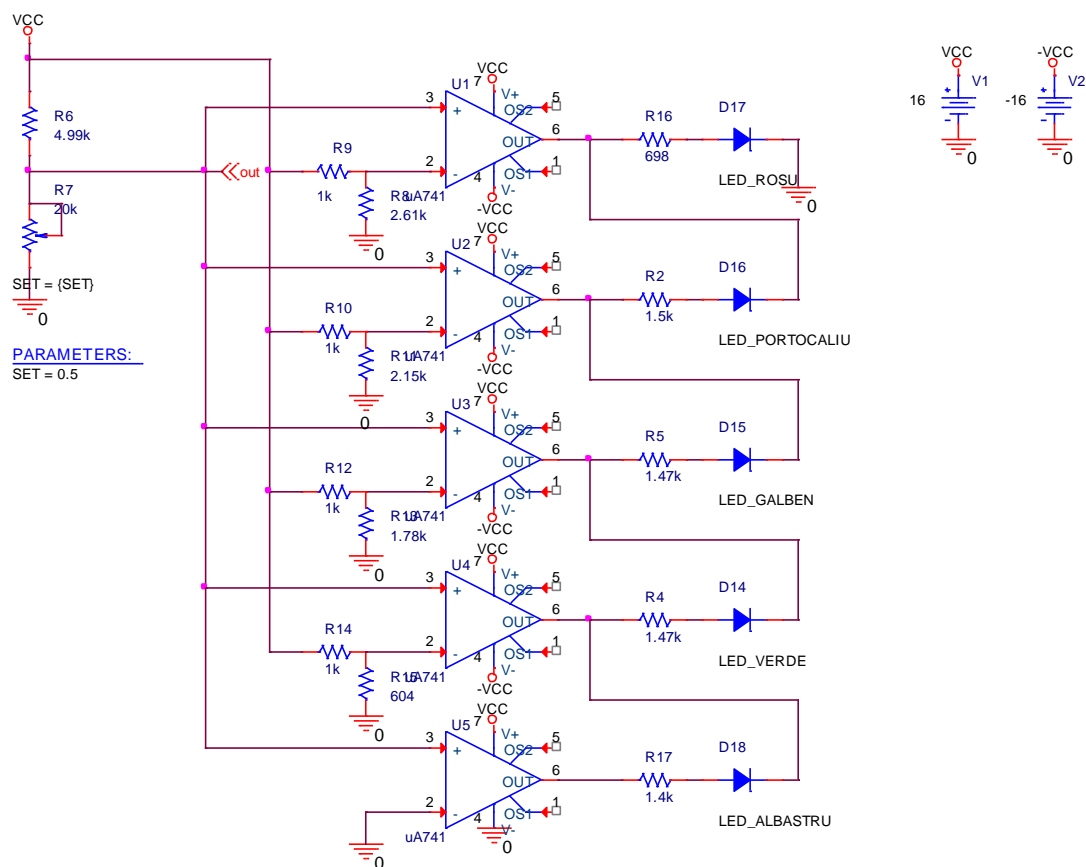


Figura 7- Schema electrică a circuitului în cazul real

În figura de mai sus este prezentat circuitul în cazul real, după dimensionarea rezistorilor la valorile standardizate. Pe baza acestei scheme voi prezenta simulările.

6. Simulări pe baza schemei electrice

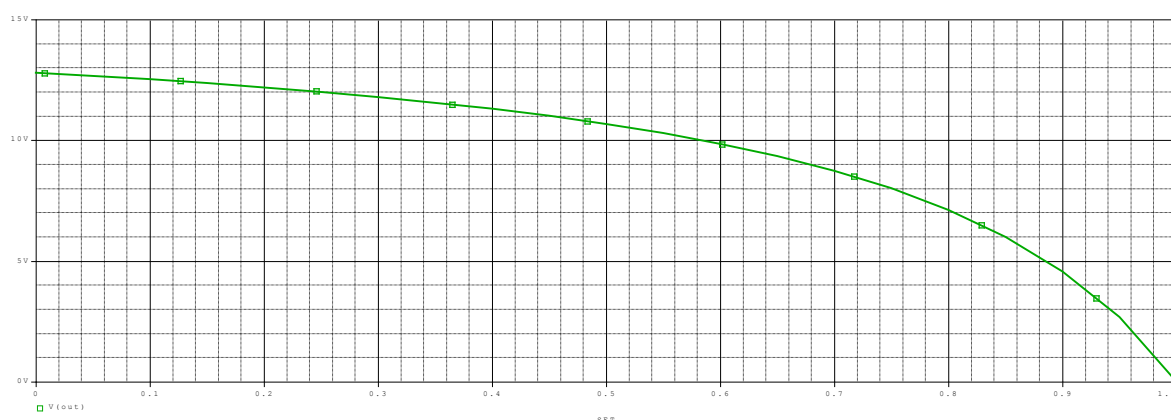


Figura 8- Analiză DC SWEEP (Vizualizare V_{out})

În cadrul acestei analize am baleiat parametrul global SET, care reprezintă acel α al potențiometrului sau, mai bine zis, intensitatea luminoasă. Se observă că odată cu creșterea intensității luminoase, tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare scade, lucru pe care l-am demonstrat și în calcule. Mai jos puteți observa valorile curentului care circulă prin LED-uri și punctul în care acestea sunt deschise. Se observă că pentru fiecare interval se deschide un LED diferit.

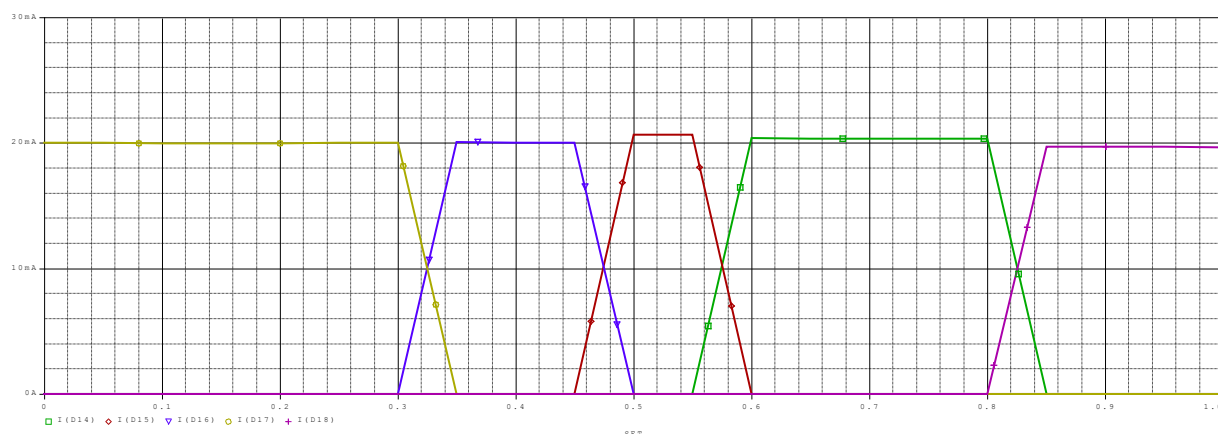


Figura 9- Analiză DC SWEEP (Vizualizare I_D)

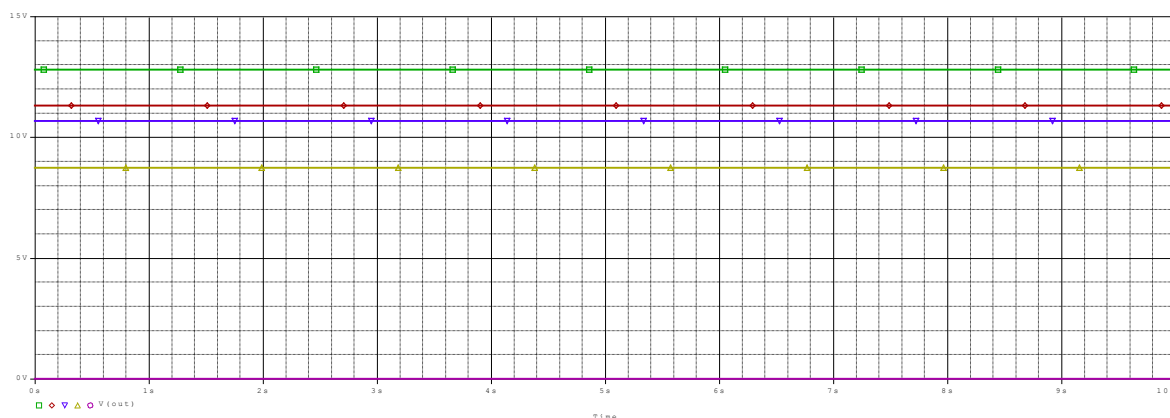


Figura 10- Analiză tranzitorie pe baza SET

În cadrul acestei analize am variat parametrul SET după următoarele valori: 0, 0.4, 0.5, 0.7, 1. Am luat aceste valori pentru că se află între intervalele intensității noastre.

Mai jos am realizat câte o analiză tranzitorie în parte pentru fiecare valoare de mai sus și am vizualizat curentul prin diode pentru a putea observa funcționarea circuitului.

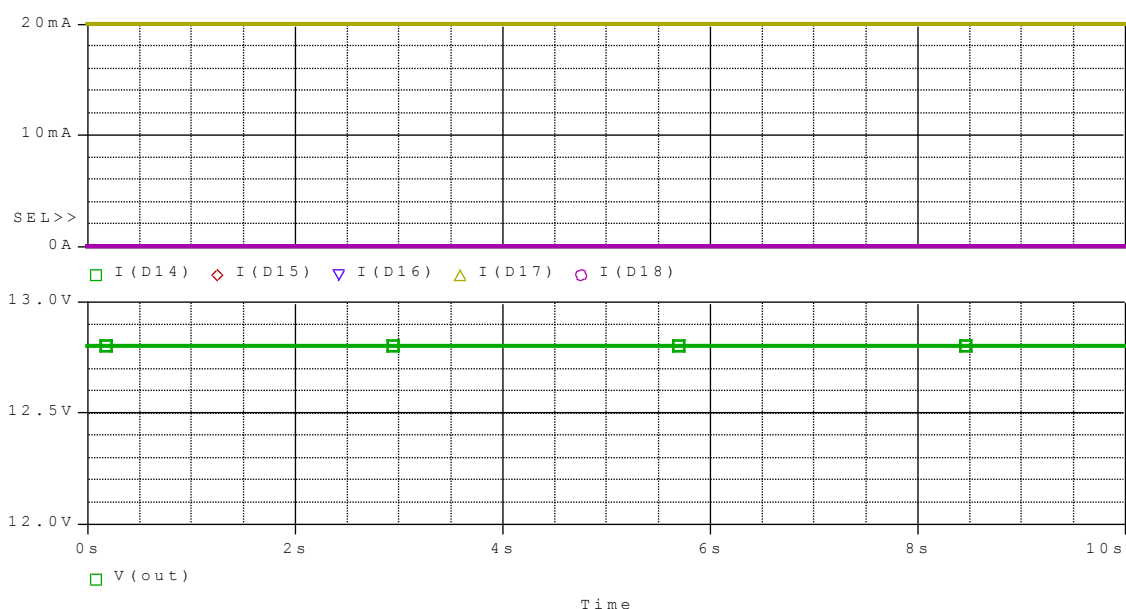


Figura 11- Analiză tranzitorie pe baza SET=0

Se observă că tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare este cea maximă ($>11,55V$) iar singurul LED deschis este D17, cel de culoare roșie (pentru o intensitatea <300 lux)

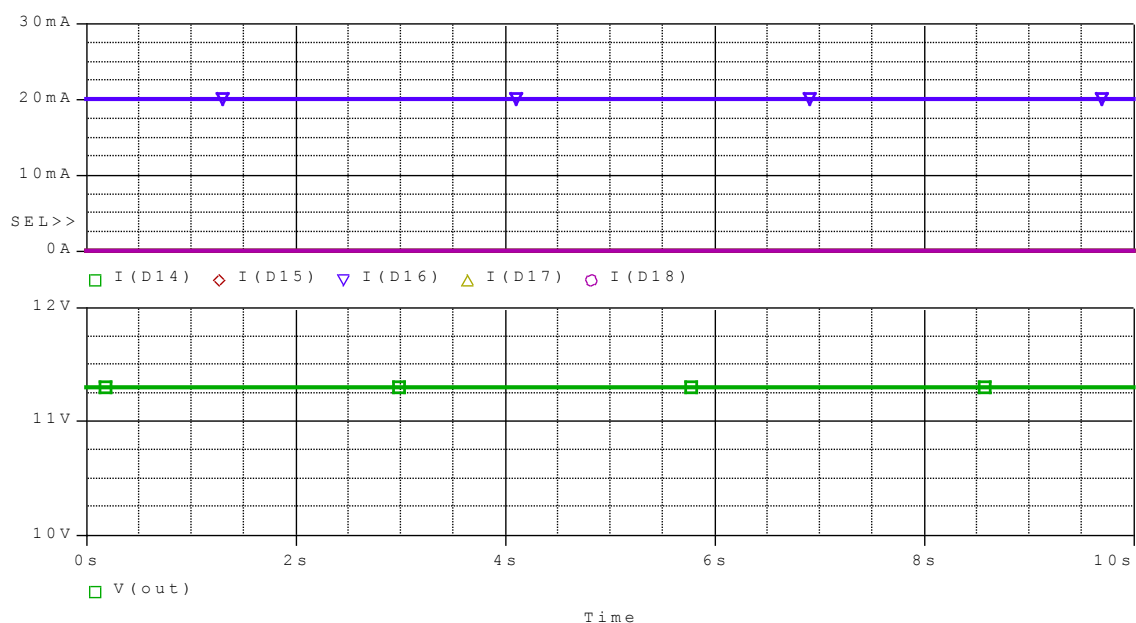


Figura 12- Analiză tranzitorie pe baza SET=0.4

Se observă că tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare este cea din intervalul 10,89V- 11,55V iar singurul LED deschis este D16, cel de culoare portocalie (pentru o intensitatea 300-440 lux)

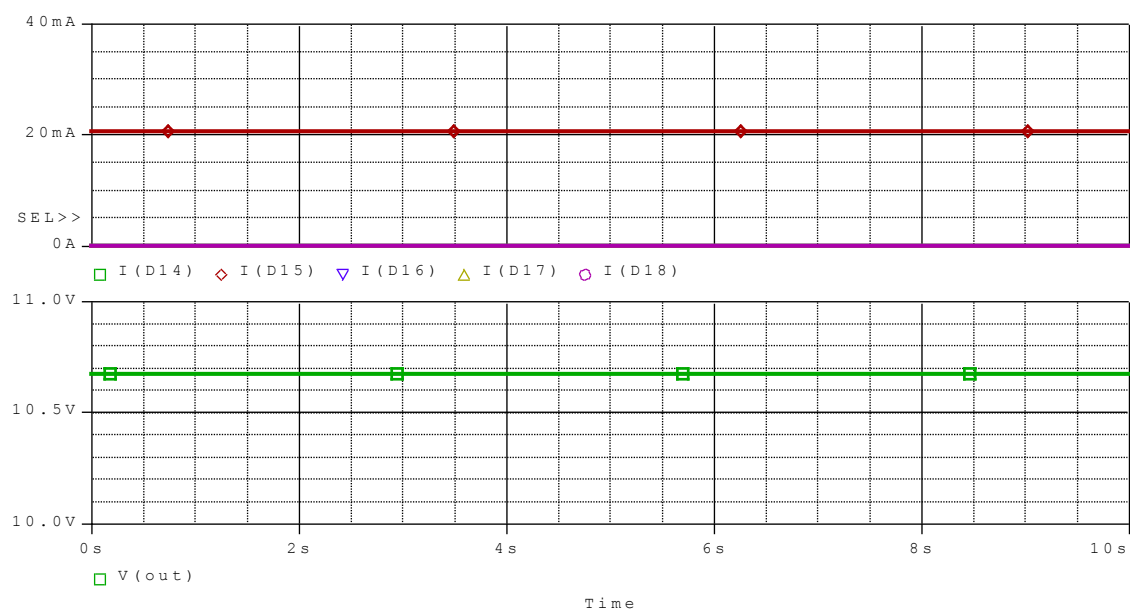


Figura 13- Analiză tranzitorie pe baza SET=0.5

Se observă că tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare este cea din intervalul 10,22V -10,89V iar singurul LED deschis este D15, cel de culoare galbenă (pentru o intensitatea 440-500 lux)

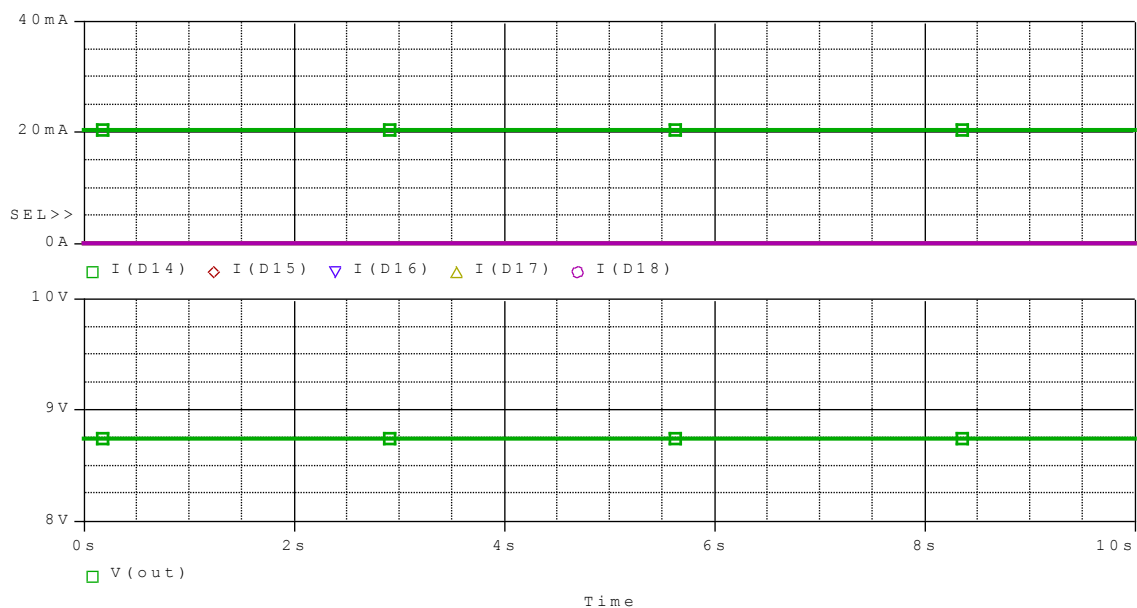


Figura 14- Analiză tranzitorie pe baza $SET=0.7$

Se observă că tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare este cea din intervalul 6V- 10,22V iar singurul LED deschis este D14, cel de culoare verde (pentru o intensitatea 500-900 lux)

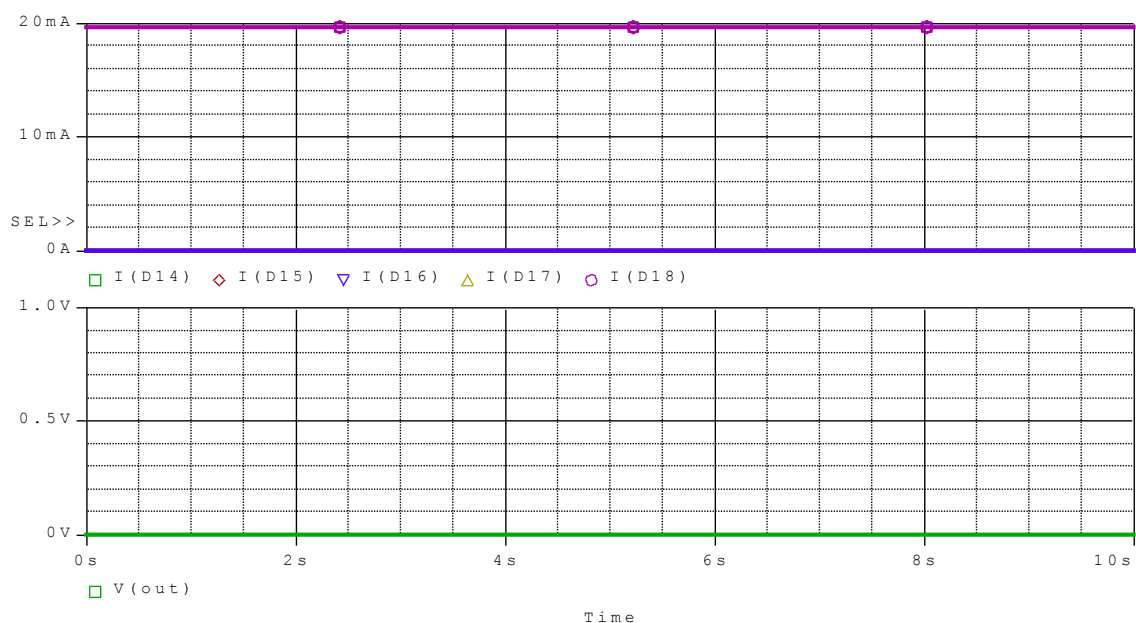


Figura 15- Analiză tranzitorie pe baza $SET=1$

Se observă că tensiunea de la ieșirea blocului de măsurare este cea $<6V$ iar singurul LED deschis este D18, cel de culoare albastră (pentru o intensitatea >900 lux)

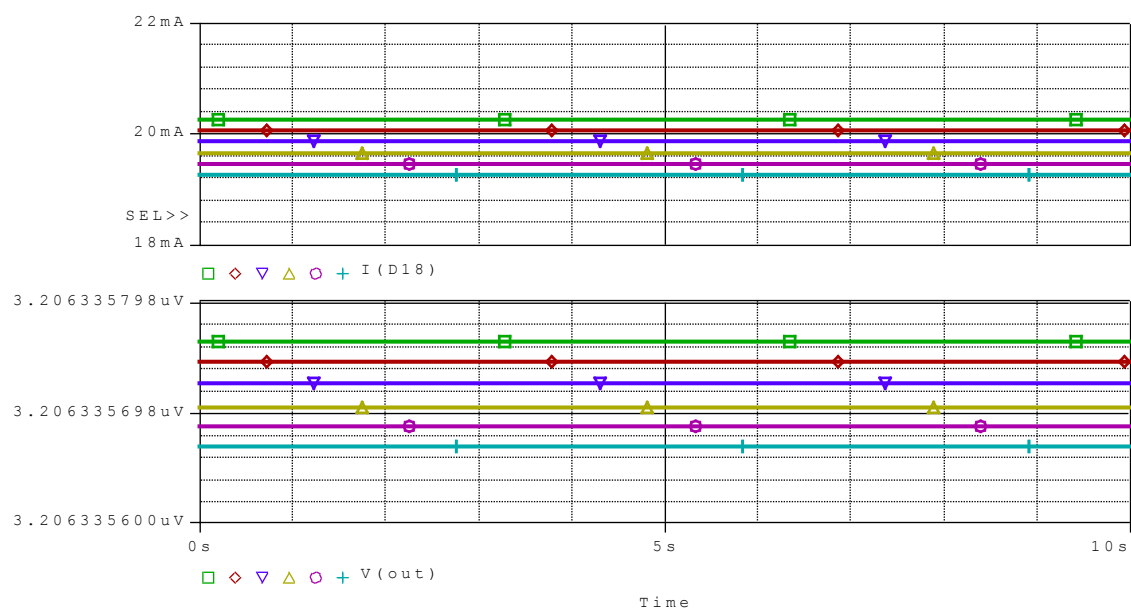


Figura 15- Analiză tranzitorie de temperatură pe baza SET=1

În urma acestei analize putem observa ca valoarea tensiunii de la ieșirea blocului de măsurare nu se modifică deloc (neglijabil) iar curentul prin LED tinde să scadă la creșterea temperaturii astfel riscând stingerea LED-ului.

În următoarele 7 grafice sunt prezentate analize Monte Carlo pentru maximul și minimul circuitului de la intrare, respectiv pentru curentul maxim prin cele 5 LED-uri. În cadrul acestor grafice putem observa care sunt procentele pentru care tensiunea sau curentul va avea o anumită valoare (apropiată de cea calculata). Pentru această analiză s-au luat în calcul 10 piese.

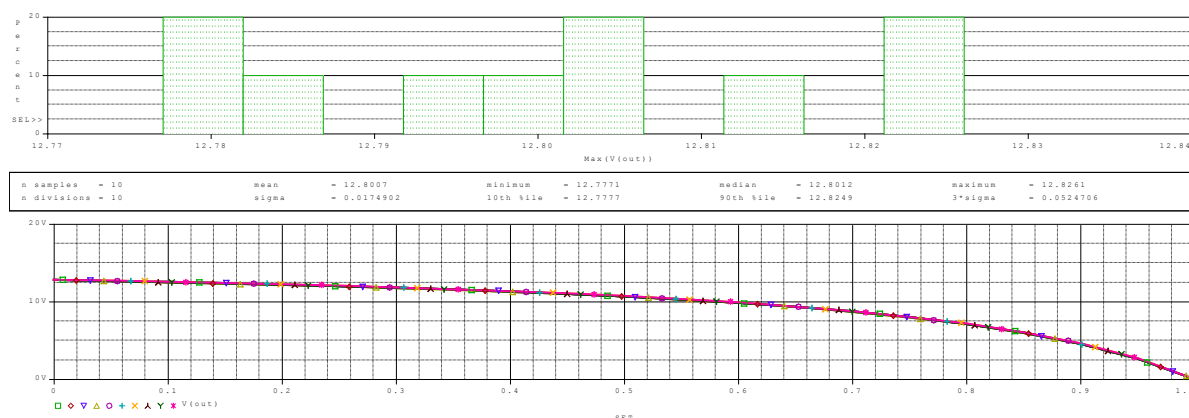


Figura 16- Analiză Monte Carlo pentru maximul tensiunii de la ieșirea blocului de măsurare

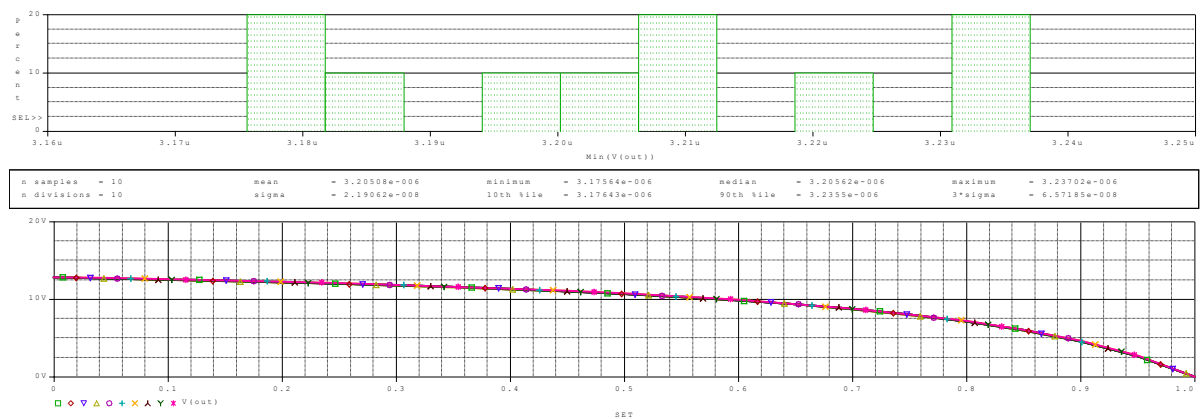


Figura 17- Analiză Monte Carlo pentru minimul tensiunii de la ieșirea blocului de măsurare

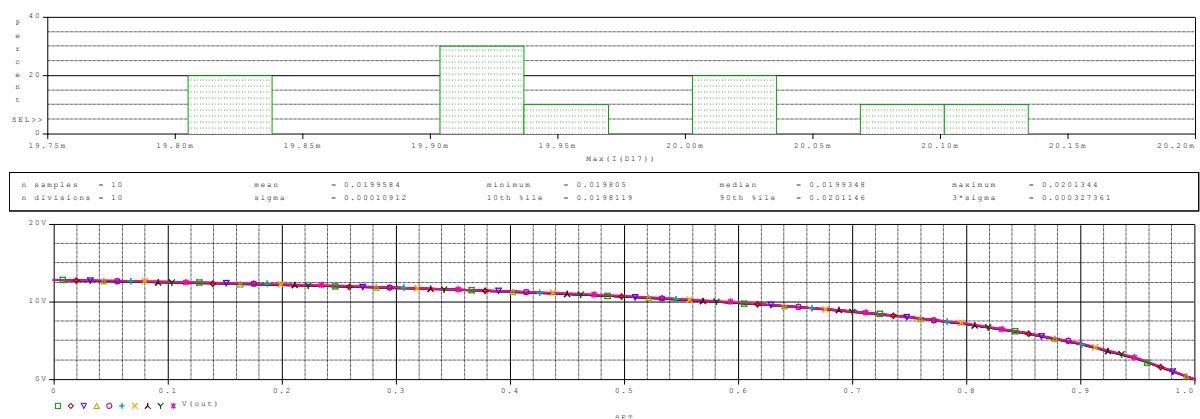


Figura 18- Analiză Monte Carlo pentru maximumul curentului prin LED-ul D17 (culoarea roșie)

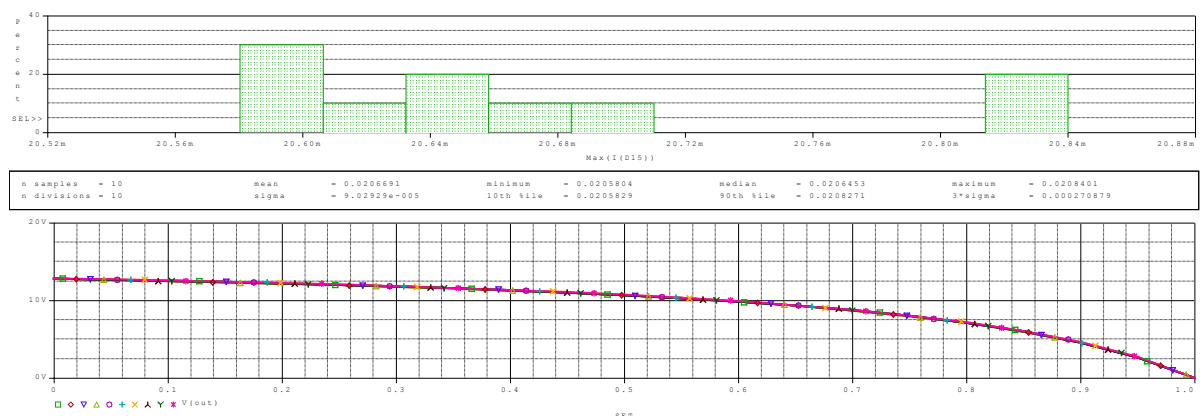


Figura 19- Analiză Monte Carlo pentru maximumul curentului prin LED-ul D16 (culoarea portocalie)

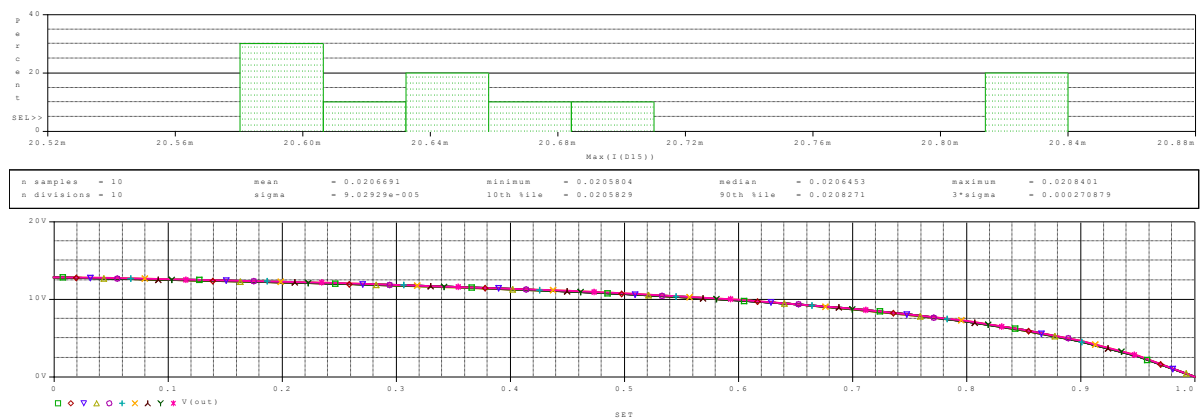


Figura 20- Analiză Monte Carlo pentru maximul curentului prin LED-ul D15 (culoarea portocalie)

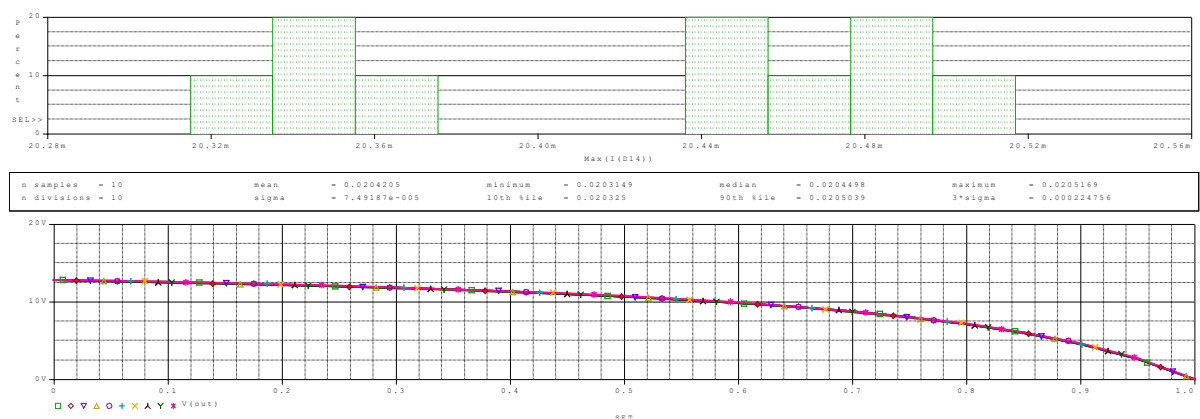


Figura 21- Analiză Monte Carlo pentru maximul curentului prin LED-ul D14 (culoarea verde)

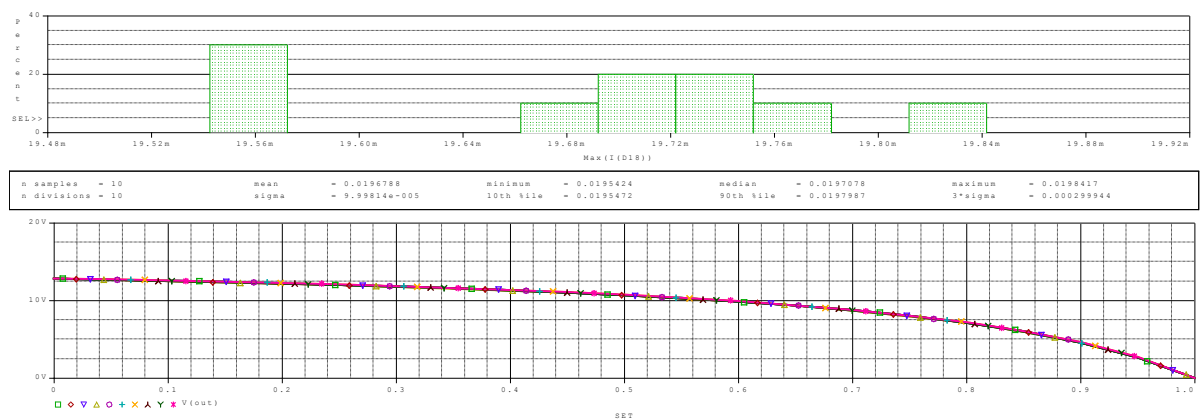


Figura 22- Analiză Monte Carlo pentru maximul curentului prin LED-ul D18 (culoarea albastră)

În cele din urmă am rulat și o analiză Worst Case iar datele pe care le-am preluat în urma rulării acesteia sunt cele de mai jos. Conform datelor observăm că cel mai rău caz îl avem atunci când α al potențiometrului se află la valoarea de 0,75. Totodată am afișat și valorile rezistorilor, la fel, pentru cel mai rău caz posibil.

WORST CASE SUMMARY

Mean Deviation = .0402

Sigma = 0

RUN MAX DEVIATION FROM NOMINAL

WORST CASE ALL DEVICES

.0402 higher at SET = .75

(100.5 % of Nominal)

JOB CONCLUDED

WORST CASE ALL DEVICES

Device	MODEL	PARAMETER	NEW VALUE
R_R2	R_R2	R 1	(Unchanged)
R_R4	R_R4	R 1	(Unchanged)
R_R5	R_R5	R 1	(Unchanged)
R_R6	R_R6	R .99	(Decreased)

R_R8	R_R8	R	1.01	(Increased)
R_R9	R_R9	R	.99	(Decreased)
R_R11	R_R11	R	1.01	(Increased)
R_R13	R_R13	R	1.01	(Increased)
R_R15	R_R15	R	1.01	(Increased)
R_R16	R_R16	R	1	(Unchanged)
R_R17	R_R17	R	1	(Unchanged)
R_R10	R_R10	R	.99	(Decreased)
R_R12	R_R12	R	.99	(Decreased)
R_R14	R_R14	R	.99	(Decreased)

7. Bibliografie

1. <https://bit.ly/3wldUjH> - foaie de catalog led albastru
2. <https://bit.ly/2RtfTUC> - foaie de catalog LED portocaliu
3. <https://bit.ly/3ys4bu4> - foaie de catalog LED-uri roșu, verde, galben
4. <https://bit.ly/3u8xDSI> - foaie de catalog amplificator
5. <https://bit.ly/2QzQ6cI> - foaie de catalog potențiometru
6. <https://bit.ly/3hDxhk5> - valori standardizate rezistori (E96)
7. Cursuri Dispozitive Electronice
8. Ovidiu POP, Raul FIZEȘAN, Gabriel CHINDRIȘ. *Proiectare asistată de calculator, U.T. PRESS Cluj-Napoca, 2013*