

Circuit pentru controlul presiunii într-o cameră hiperbară

Informații și constrângeri pentru realizarea circuitului

Să se proiecteze un sistem de control al presiunii într-o cameră hiperbară. Știind că senzorul de presiune folosit poate să măsoare presiunea liniar în domeniul 1050-1530 [mBar], sistemul se va proiecta astfel încât presiunea din camera hiperbară să se mențină în intervalul 1200-1400 [mBar]. Senzorul de presiune se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu presiunea este 20k-25k [ohm] și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul [0V – 12V] unde $V_{cc} = 14[V]$. În camera hiperbară, presiunea este menținută în domeniul specificat cu ajutorul unei pompe, comandată de un comparator și un relee electromagnetic. Ansamblul pompă – relee se va modela cu ajutorul unui rezistor. Starea pompei (pornit/oprit) este semnalizată de un LED albastru.

Date proiectare

Nume	Domeniul de presiune măsurabil [mBar]	Presiunea în camera hiperbară [mBar]	Rezistența senzorului [Ω]	VCC [V]	Culoare LED de semnalizare
Melinte Cosmin	1050-1530	1200-1400	20k-25k	14	albastru

Tabelul 1. Specificații pentru proiectare

Schema bloc a circuitului

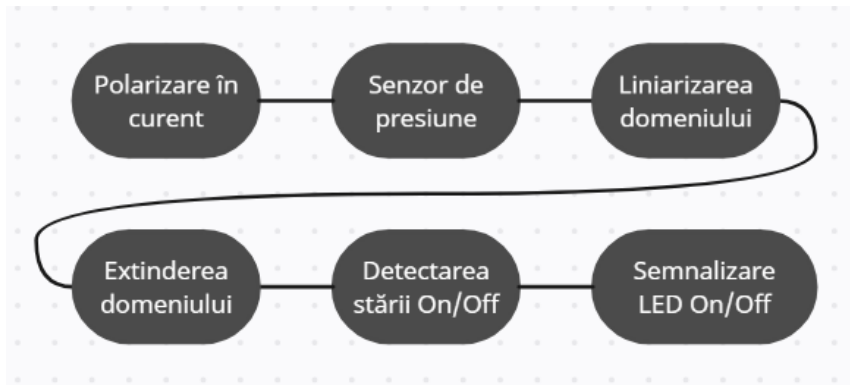


Figura 1.0 Schema bloc a circuit pentru controlul presiunii într-o cameră hiperbară

Schema electrică a circuitului

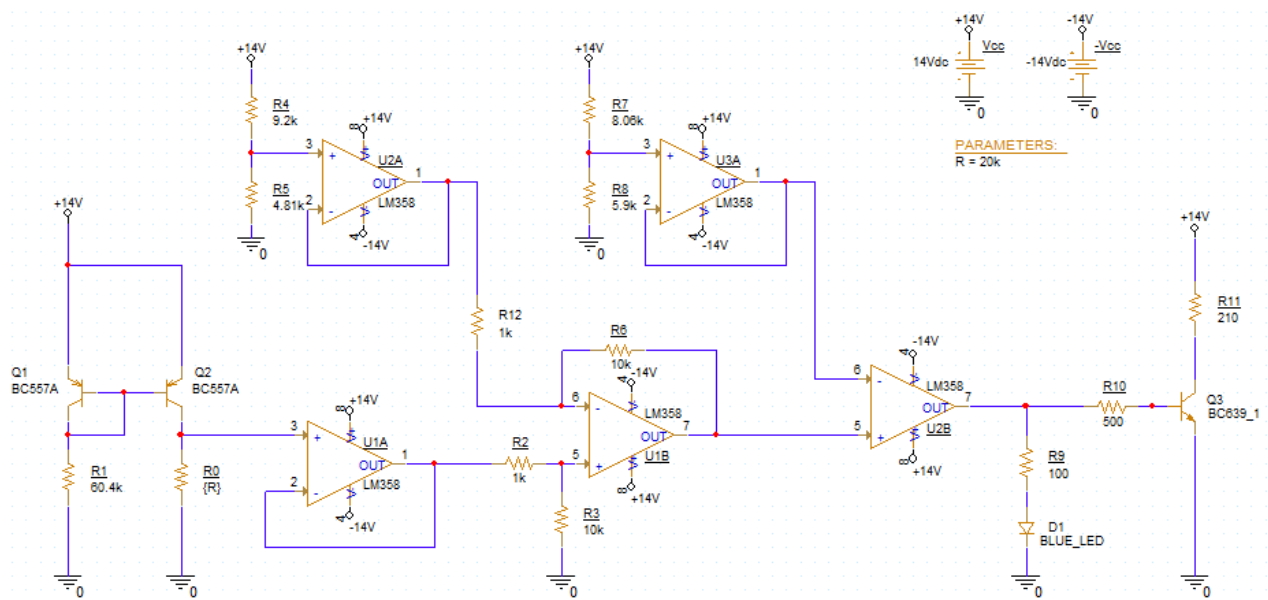


Figura 2.0 Schema electrică a circuit pentru controlul presiunii într-o cameră hiperbară

Fundamentare teoretică

Senzorul de presiune

Un senzor este un dispozitiv, fie electronic, fie mecanic, care este conceput pentru a identifica și măsura o serie de evenimente fizice. Scopul unui senzor este de a transforma aceste apariții în semnale care pot fi înțelese și utilizate în diferite aplicații.

În *Figura 2.1* este ilustrată o oglindă de curent, alcătuită din rezistențe R_1 și R_0 , care are funcția esențială de polarizare precisă a senzorului de presiune. Oglinda de curent acționează ca o sursă de curent sigură și constantă pentru senzorul de presiune, ceea ce este esențial pentru funcționarea sa corectă.

Rezistența senzorului de presiune este reprezentată de rezistența R_0 și se modifică proporțional cu presiunea măsurată. Prin modificarea valorii lui R_0 în intervalul dat de 20-25k [Ω], putem controla curentul care trece prin senzor, ducând la o modificare corespunzătoare a semnalului de ieșire.

Rezistorul R_1 are rol în furnizarea unei referințe pentru curent, ajutând la menținerea stabilității acestuia. În plus, oglinda de curent este proiectată pentru a se asigura că sursa de curent rămâne neafectată în cazul unei fluctuații a tensiunii de alimentare sau modificări ale mediului exterior.

De asemenea, am folosit două tranzistoare PNP BC557A (Q_1 și Q_2) deoarece sunt tranzistoare de uz general și pot funcționa fără probleme pentru tensiunea dorită $V_{CC} = 14[V]$.

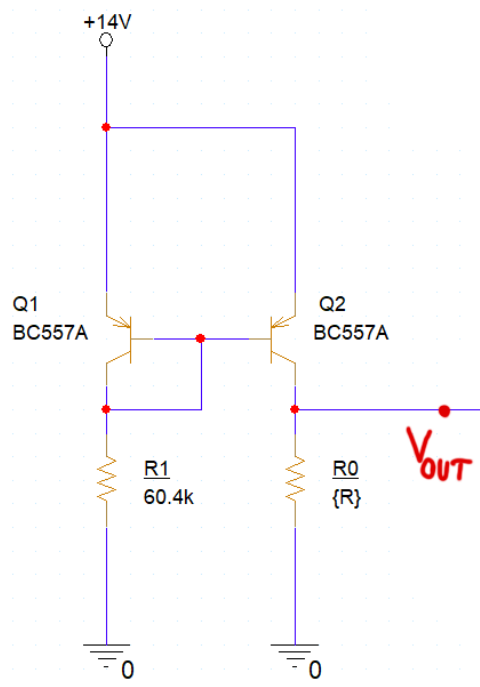


Figura 2.1 Senzorul (Oglinda de curent)

Vom calcula tensiunea de ieșire V_{OUT} pentru cazurile în care $R_{0min} = 20k [\Omega]$ și $R_{0max} = 25k [\Omega]$.

$$I_C = I_{C1} = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{R_1}$$

$$I_C = \frac{V_{R_0}}{R_0}$$

$$V_{R_0} = [0; V_{CC} - 2] = [0; 12V]$$

$$V_{R_0} = I_C * R_0$$

$$1) R_{min} \Rightarrow R_0 = 20k [\Omega] \Rightarrow 0 = I_C * 20 * 10^3 \Rightarrow I_{C_{min}} = 0 [A]$$

$$2) R_{max} \Rightarrow R_0 = 25k [\Omega] \Rightarrow 12 [V] = I_C * 25 * 10^3 \Rightarrow I_{C_{max}} = 480 [\mu A]$$

$$I_C = \frac{I_{C_{min}} + I_{C_{max}}}{2} = \frac{480}{2} = 240 [\mu A]$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{R_1} \Rightarrow R_1 = 55625 [\Omega]$$

Vom alege $R_1 = 60,4k [\Omega]$ din tabelul standardizat (E192) pentru a optimiza calculele obținute în analiza teoretică cu cele obținute în simulări, astfel beneficiind de o proiectare cu o acuratețe crescută.

$$Pt. R_{0min} = I_C * R_0 \Rightarrow V_{R_{min}} = 240 * 10^{-6} * 20 * 10^3 = 4,8 [V]$$

$$Pt. R_{0max} = I_C * R_0 \Rightarrow V_{R_{max}} = 240 * 10^{-6} * 25 * 10^3 = 6 [V]$$

Pentru a verifica valoarea V_{OUT} vom face o analiză parametrică (*Figura 3.1*) în care vom baleia rezistența senzorului de la 20k $[\Omega]$ la 25k $[\Omega]$ cu pas de 1k $[\Omega]$

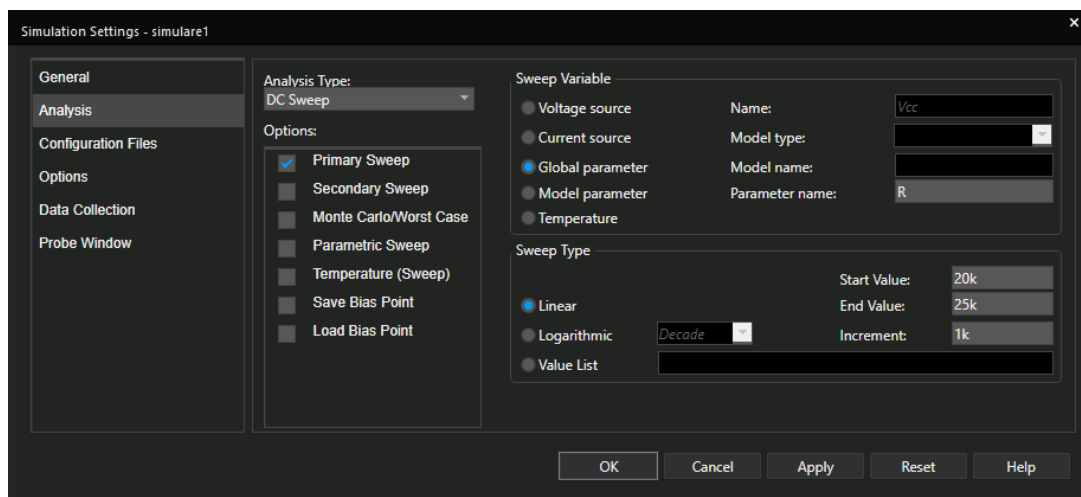


Figura 3.1 Analiza DC Sweep

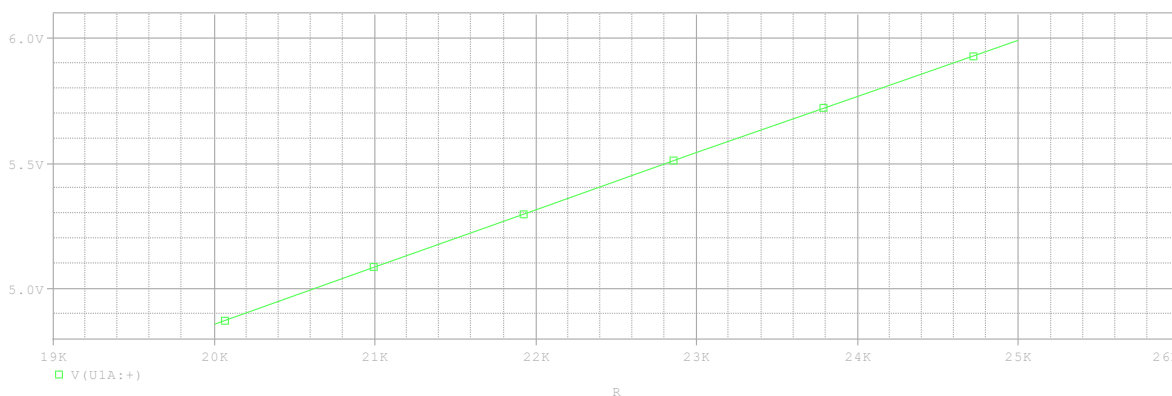


Figura 3.2 Rezultatul analizei DC Sweep pentru oglinda de curent

Putem observa în (*Figura 3.2*) că tensiunea crește liniar de la $V_{OUTmin} = 4,86[V]$ obținut pentru $R_{0min} = 20k [\Omega]$ până la $V_{OUTmax} = 6[V]$ care se obține pentru $R_{0max} = 25k [\Omega]$.

Buffer-ul

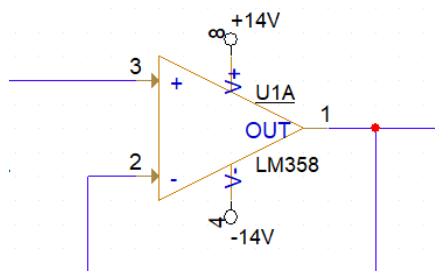


Figura 2.2 Buffer

Buffer-ul (Figura 2.2) servește mai multor funcții importante, cum ar fi izolarea și protejarea circuitului de perturbații externe și menținerea unei impedanțe de ieșire constante și stabile. De asemenea, amplifică semnalul de ieșire al circuitului de condiționare înainte de a fi utilizat în etapa de comandă a pompei și a releului electromagnetic.

Amplificatorul operațional

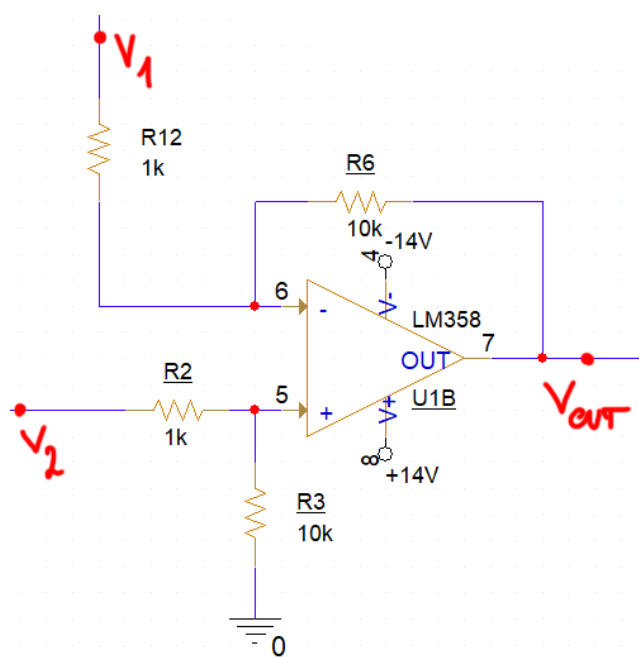


Figura 2.3 Amplificator operațional

Amplificatorul operațional OP-AMP (*Figura 2.3*) este o componentă electronică versatilă care poate îndeplini diverse funcții precum amplificare, filtrare și generare de semnal. Am folosit acest amplificator operațional pentru a converti tensiunea într-o variație cuprinsă în domeniul $[0 - 12V]$. Acesta servește drept componentă de control pentru a ajusta și regla presiunea în camera hiperbară, lucru esențial pentru a comanda pompa și releul electromagnetic și a menține presiunea în camera hiperbară în intervalul dorit (1200-1400 mBar).

$$V_{OUT} = \frac{R6}{R12} * (V2 - V1)$$

$$\frac{R12}{R6} = \frac{R2}{R3}$$

Pentru un $V_{Rmin} = 4,8[V]$ dorim să obținem $V_{OUTmin} = 0[V]$, iar pentru $V_{Rmax} = 6[V]$ dorim să obținem $V_{OUTmin} = 12[V]$.

$$0 = \frac{R6}{R12} * (4,8 - V1) \Rightarrow 0 = 4,8 - V1 \Rightarrow V1 = 4,8 [V]$$

$$12 = \frac{R6}{R12} * (6 - V1) \Rightarrow 12 = \frac{R6}{R12} * (6 - 4,8) \Rightarrow \frac{R6}{R12} = \frac{12}{1,2} \Rightarrow \frac{R6}{R12} = 10$$

Raportul rezistențelor $R6$ și $R12$ trebuie să fie egal cu 10, așa că vom alege $R6 = 10k$ și $R12 = 1k$. Respectând raportul rezistențelor obținem că $R12 = R2 = 10k$ și $R6 = R3 = 1k$.

Pentru a obține $V1 = 4,8[V]$ dintr-o sursă $V_{DC} = 14[V]$ vom folosi un divizor de tensiune (*Figura 2.4*) a cărei ieșire V_{OUT} va fi egală cu $4,8[V]$.

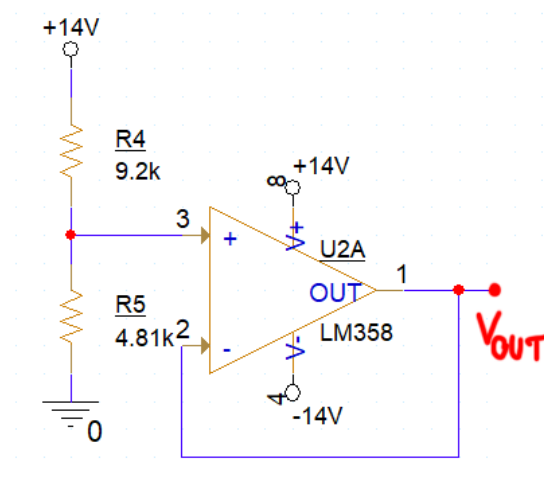


Figura 2.4 Divizor de tensiune

$$V_{OUT} = \frac{R5}{R4 + R5} * V_{CC}$$

$$4,8 = \frac{R5}{R4 + R5} * 14 \Rightarrow \frac{R5}{R4 + R5} = \frac{4,8}{14} \Rightarrow R5 = 4,8 \text{ și } R4 = 9,2$$

Vom alege $R_5 = 4,81k [\Omega]$ și $R_4 = 9,2k [\Omega]$, valori din tabelul standardizat (E192).

Nici în practică, nici în simulare nu vom putea obține valori ideale, ci vom obține valori aproximative, apropiate de cele calculate teoretic. Pentru a verifica valoarea lui V_{OUT} vom face o analiză parametrică (Vezi *Figura 3.1 Analiza DC Sweep*) în care vom varia rezistența senzorului de la $20k [\Omega]$ la $25k [\Omega]$ cu pas de $1k [\Omega]$.

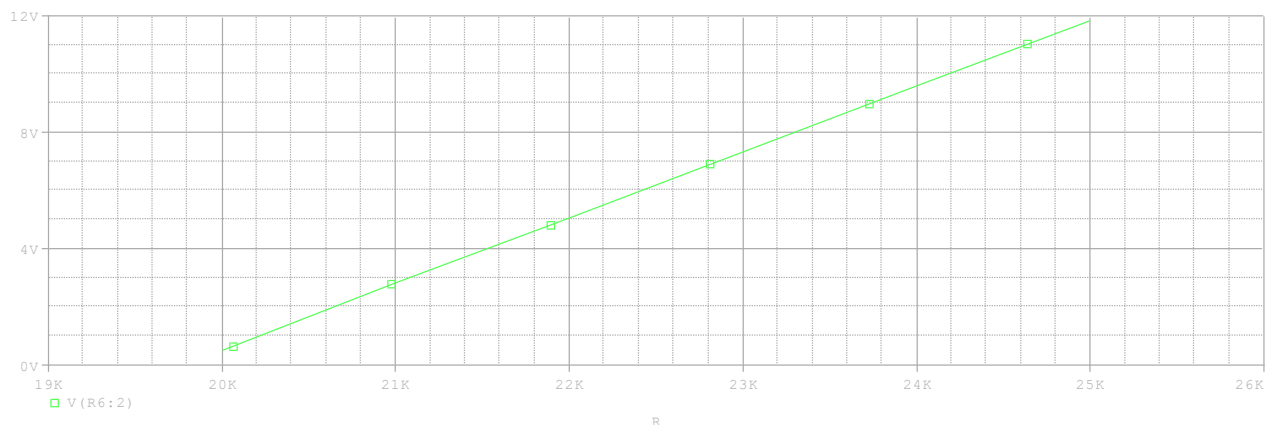


Figura 3.3 Rezultatul analizei DC Sweep pentru Amplificatorul Operațional

Conform așteptărilor, am obținut valori aproximative, pentru:

$$V_{Rmin} = 4,8[V] \Rightarrow V_{OUTmin} = 0,5[V] \text{ (valoare suficient de apropiată de 0V)}$$

$$V_{Rmax} = 6[V] \Rightarrow V_{OUTmax} = 11,82[V] \text{ (valoare apropiată de 12V)}$$

Comparatorul

Un comparator (*Figura 2.5*) este un dispozitiv electric care examinează două tensiuni de intrare și produce un rezultat pe baza relației lor. În cazul acesta, comparatorul are rolul de a compara tensiunea de referință, care este stabilită de divizorul de tensiune (*Figura 2.6*), cu tensiunea provenită de la amplificatorul operațional (*Figura 2.3*). Ieșirea comparatorului va indica starea releului electromagnetic, care va regla în cele din urmă funcționarea pompei în mecanismul de control al presiunii.

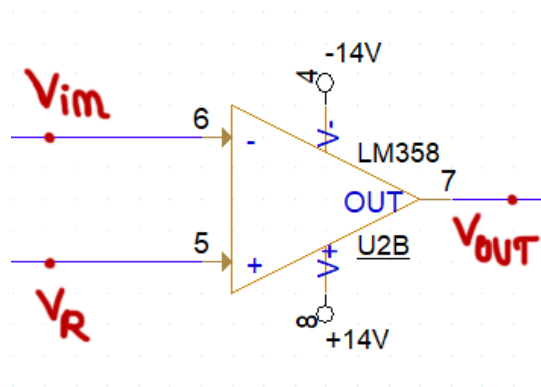


Figura 2.5 Comparator

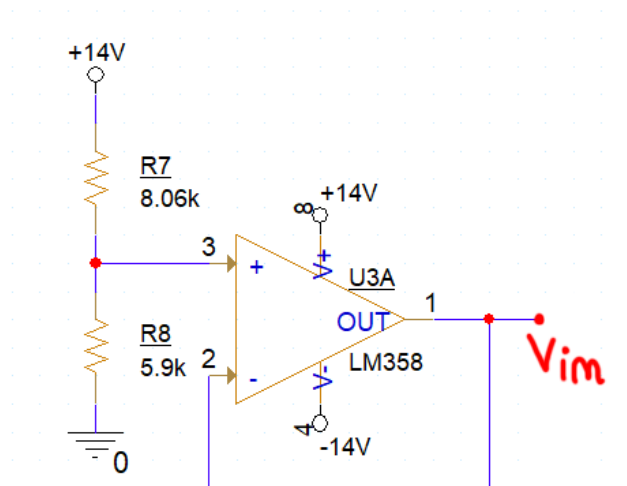


Figura 2.6 Divizor de tensiune

Pentru tensiunea de referință V_{in} dorim să obținem undeva la jumătate din tensiunea maximă care poate veni pe firul lui V_R astfel încât atunci când rezistența senzorului variază, tensiunea pe ieșirea comparatorului (*Figura 2.5*) V_{OUT} va varia și ea în intervalul $[-13,9 ; 4,13][V]$.

$$V_{R_{min}} = 0,5 [V]$$

$$V_{R_{max}} = 11,82 [V]$$

$$V_{in} = \frac{V_{R_{max}}}{2} = 5,91 [V]$$

$$V_{in} = \frac{R8}{R7 + R8} * V_{CC}$$

$$5,91 = \frac{R8}{R7 + R8} * 14 \Rightarrow \frac{R8}{R7 + R8} = \frac{5,91}{14} \Rightarrow R8 = 5,91; R7 = 8,09$$

Vom alege $R8 = 5,9k [\Omega]$ și $R7 = 8,06k [\Omega]$, valori din tabelul standardizat (E192).

Pentru a verifica valoarea lui V_{OUT} vom face o analiză parametrică (Vezi *Figura 3.1 Analiza DC Sweep*) în care vom varia rezistența senzorului de la $20k [\Omega]$ la $25k [\Omega]$ cu pas de $1k [\Omega]$.

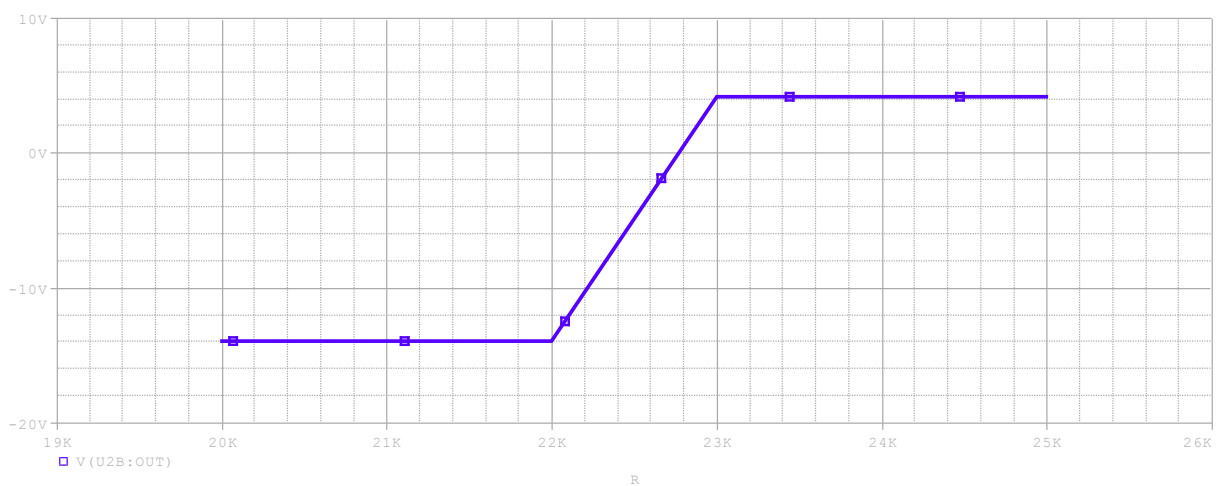


Figura 3.4 Rezultatul analizei DC Sweep pentru Comparator

Observăm că începând cu $R_0 = 22k [\Omega]$ valoarea tensiunii crește liniar de la $V_{OUT} = -13,9[V]$ până la valoarea lui $R_0 = 23k [\Omega]$, punct din care tensiunea rămâne constantă la $V_{OUT} = 4,13[V]$.

Amplificatoarele operaționale pe care le-am folosit în circuit sunt amplificatoare LM358. Acestea sunt amplificatoare operaționale cu alimentare duală care pot funcționa în domeniul dorit de tensiune de +/-14[V] și sunt amplificatoare cu utilizare generală, fiind larg răspândite în aplicații practice.

Ansamblul format din releul electromagnetic și LED

Acest ansamblu este responsabil de controlul pompei și semnalizarea stării acesteia. Releul electromagnetic este comandat de ieșirea comparatorului și controlează alimentarea pompei în funcție de tensiunea de referință și tensiunea amplificată. LED-ul albastru semnalizează starea pompei, indicând dacă aceasta este pornită sau oprită.

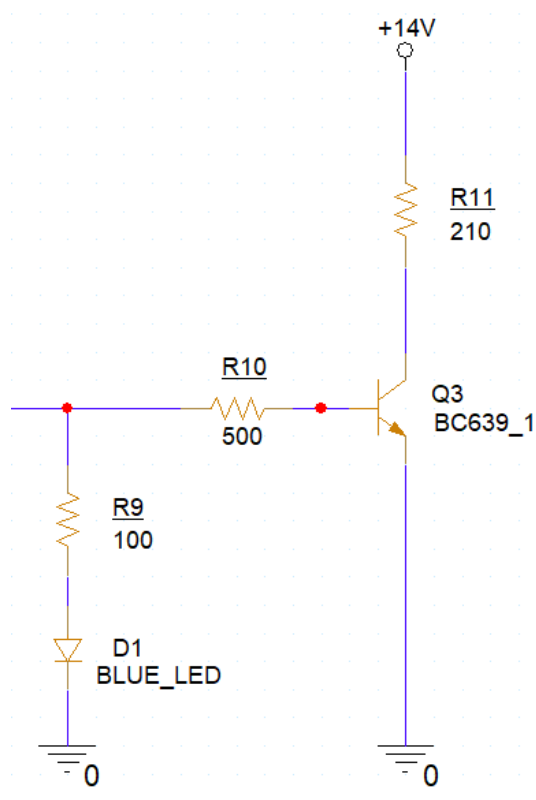
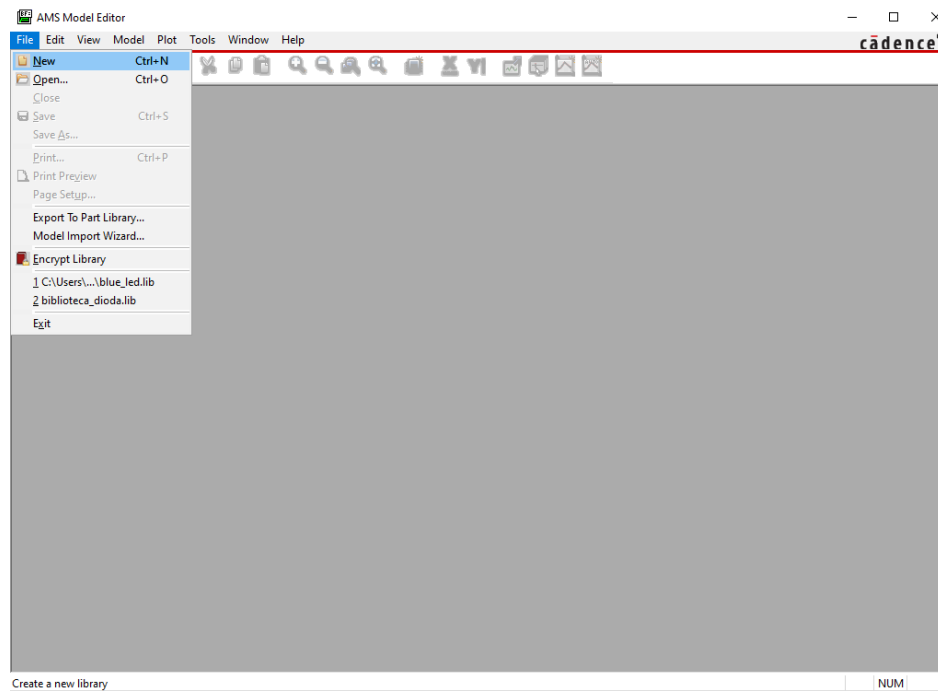


Figura 2.7 Ansamblul releu electromagnetic și LED

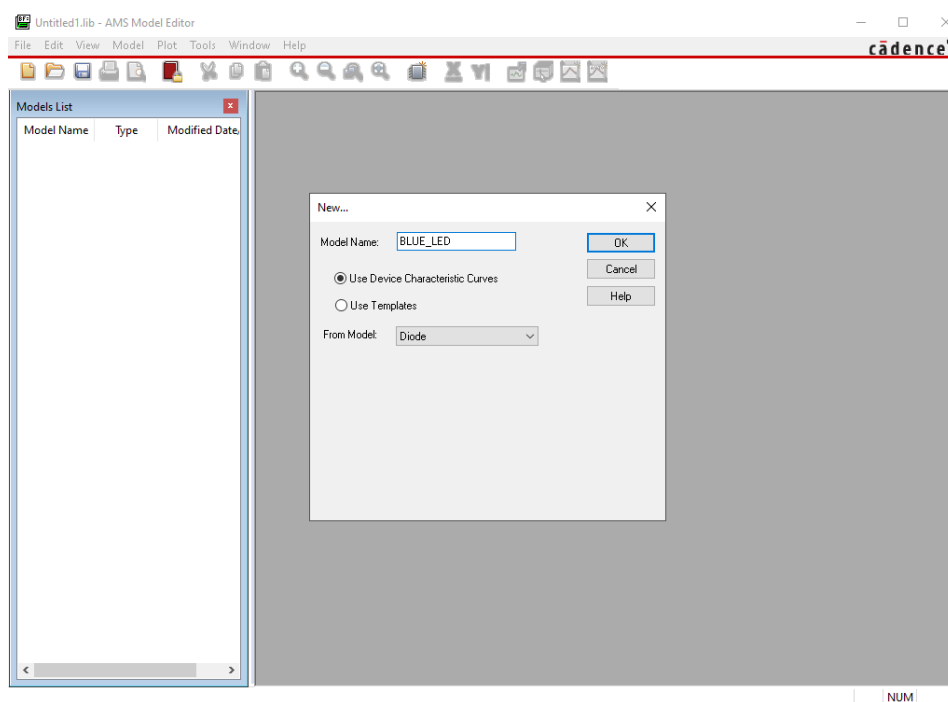
Modelarea LED-ului

Vom modela un LED de culoare albastră.

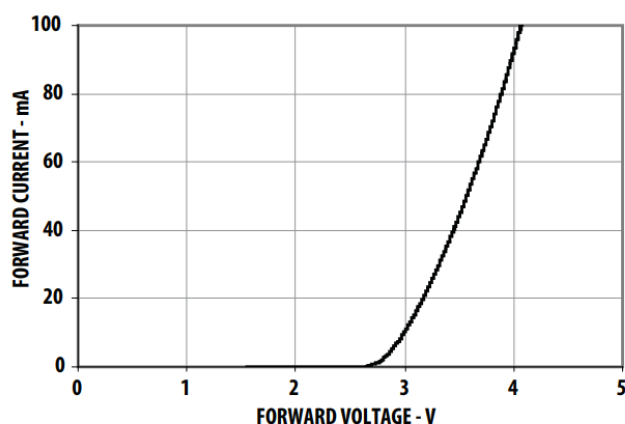
1. Deschidem programul de modelare PSpice Model Editor.
2. File >> New.



3. Model >> New >> Use Device Characteristic Curves >> Form Model: Diode.

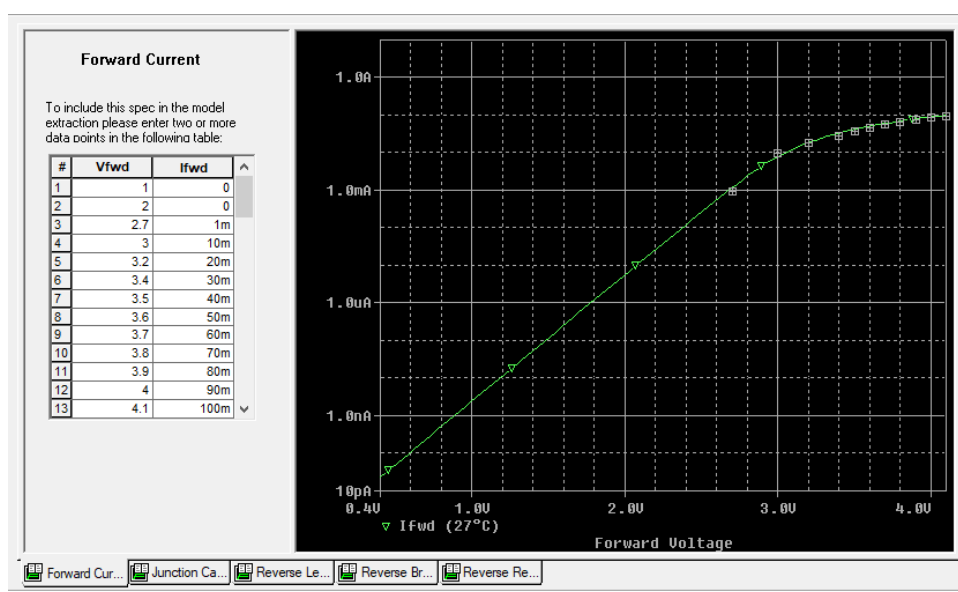


4. Căutăm datasheet-ul unui LED albastru disponibil pe internet.



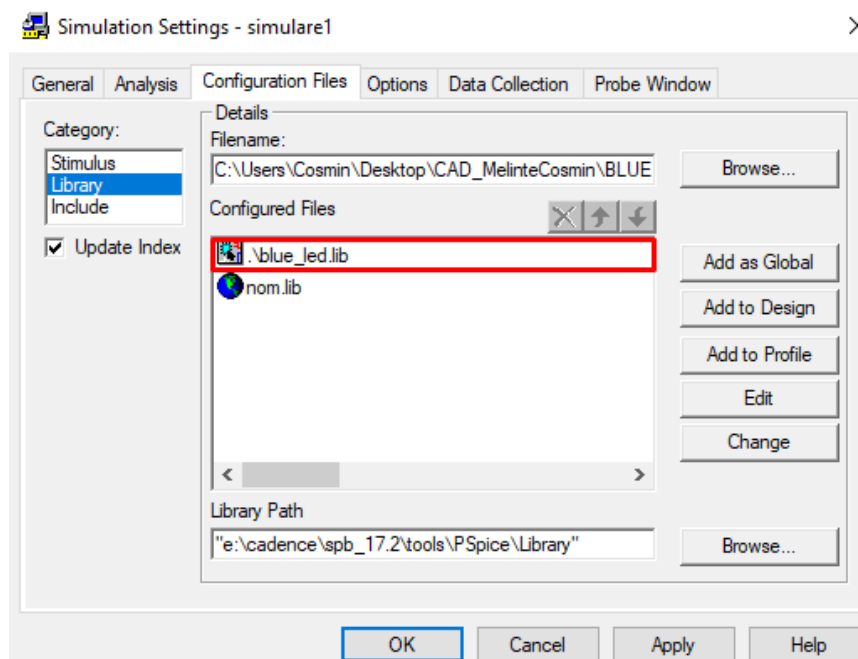
5. Completăm tabelul Forward Current cu valorile Vfwd și Ifwd citite de pe datasheet.

6. Tools >> Extract Parametres >> Save.

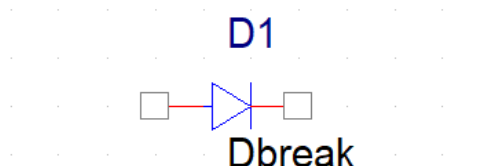


Parameter Name	Value	Minimum	Maximum	Default	Active	Fixed
IS	1.070802112	1e-020	0.1	1e-014	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
N	4.995	0.2	5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RS	8.386708222	1e-006	100	0.001	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IKF	999	0	1000	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
XTI	3	-100	100	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EG	1.11	0.1	5.51	1.11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CJO	1e-012	1e-020	0.001	1e-012	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M	0.3333	0.1	10	0.3333	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VJ	0.75	0.3905	10	0.75	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FC	0.5	0.001	10	0.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ISR	1e-010	1e-020	0.1	1e-010	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NR	2	0.5	5	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BV	100	0.1	1000000	100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IBV	0.0001	1e-009	10	0.0001	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TT	5e-009	1e-016	0.001	5e-009	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

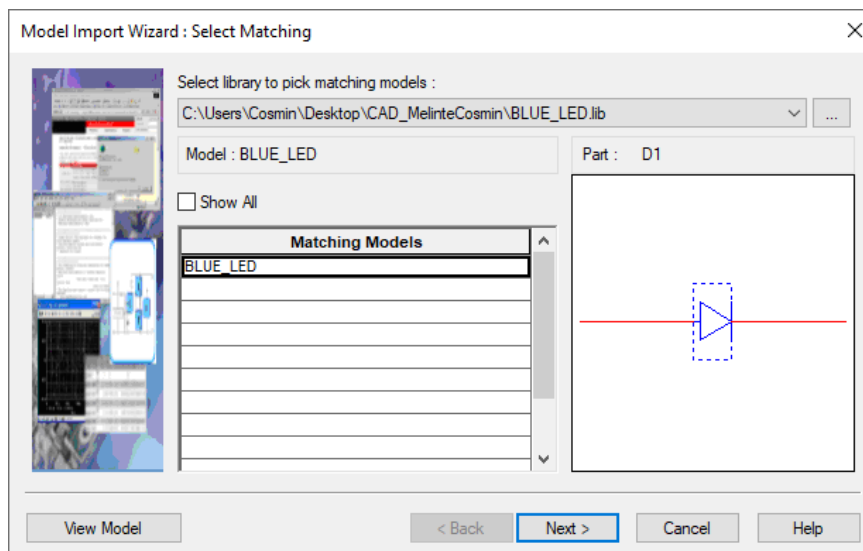
7. Revenim la editarea profilului simulării >> Configuration Files >> Category: Library >> Browse... >> Alegem fișierul cu extensia .lib pe care l-am modelat anterior >> Add to Design >> Apply > OK.



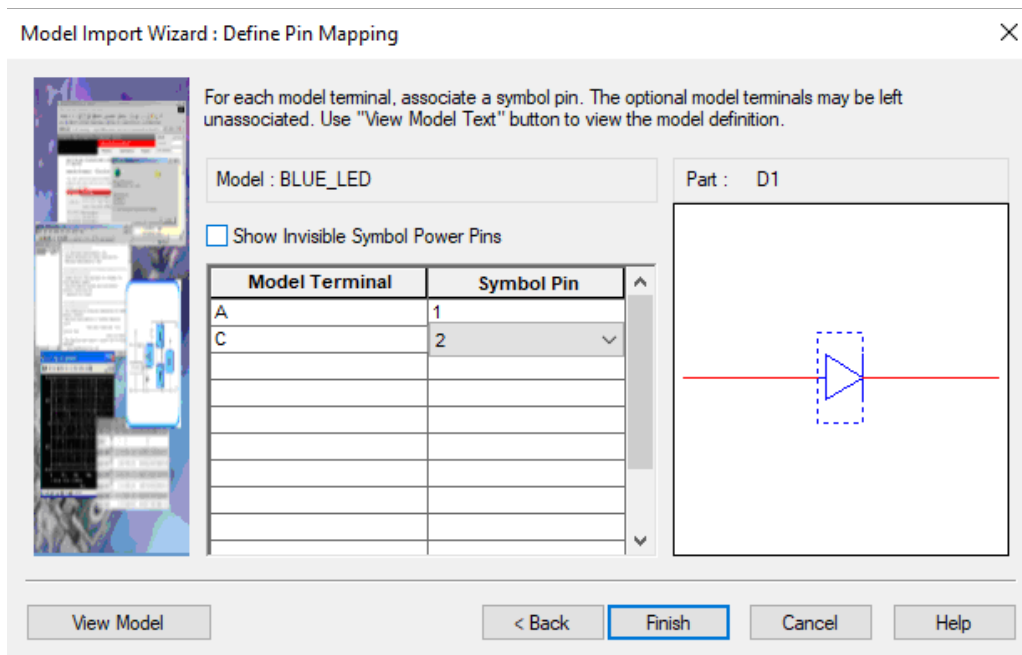
8. Adăugăm în proiect o diodă Dbreak >> Click dreapta pe diodă >> Associate PSpice Model.



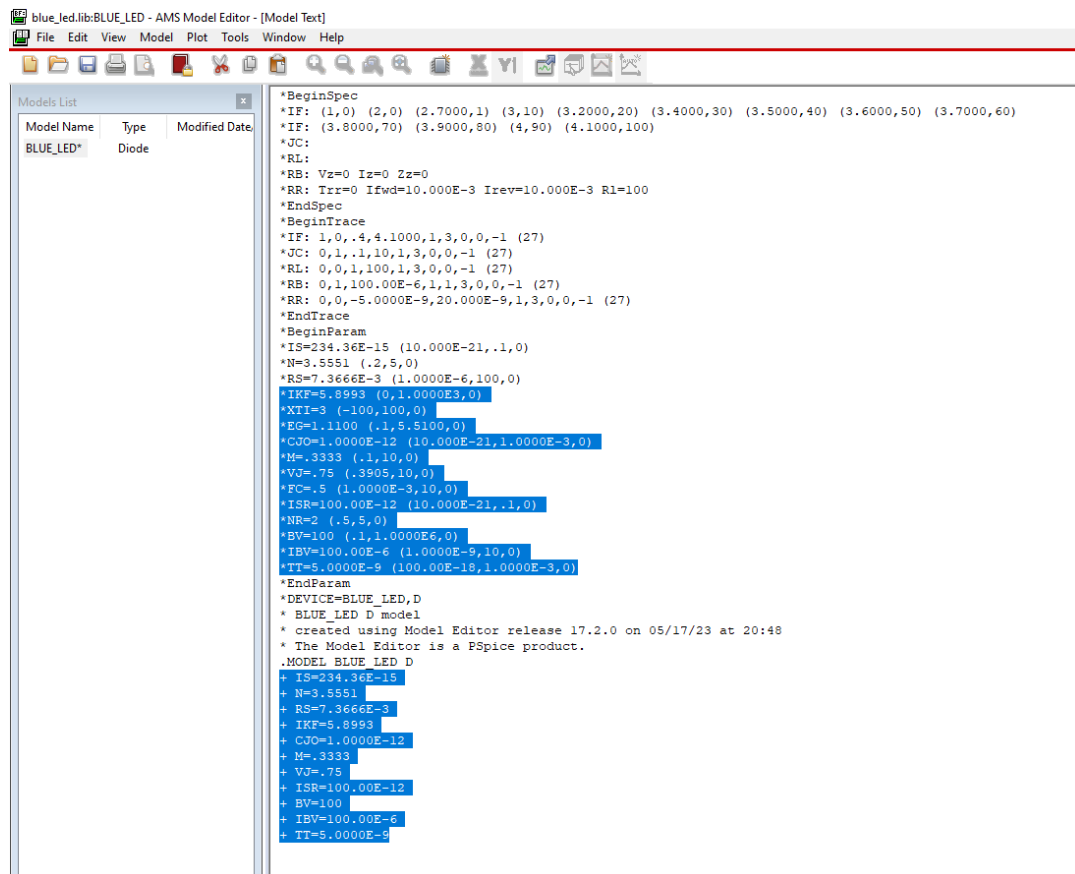
9. Selectăm modelul făcut anterior >> Next.



10. Asociem câte un Symbol Pin pentru fiecare capăt al diodei >> Finish.



11. Dăm din nou click dreapta pe diodă >> Edit PSpice Model >> View >> Edit Model >> Ștergem tot de la RS în jos >> Save.



Pentru releul electromagnetic am căutat datasheet-ul unui releu care funcționează la tensiunea circuitului de 14[V]. Din cele găsite, modelul T9AS1D12-15 are o rezistență de 225 [Ω] pentru o tensiune de 15[V].

Coil Data					
Coil voltage range			5 to 110VDC		
Max. coil power			110% of nominal		
Max. coil temperature			155°C		
Coil insulation system according UL			Class F		
Coil versions, DC coil					
Coil code	Rated voltage VDC	Operate voltage VDC	Release voltage VDC	Coil resistance $\Omega \pm 10\%$	Rated coil power W
Code D (1W) coil					
5	5	3.75	0.5	25	1
6	6	4.5	0.6	36	1
9	9	6.75	0.9	81	1
12	12	9	1.2	144	1
15	15	11.25	1.5	225	1
18	18	13.5	1.8	324	1
24	24	18	2.4	576	1
48	48	36	4.8	2304	1
110	110	82.5	11	12100	1

(<https://www.farnell.com/datasheets/2003846.pdf>)

15[V] 225[Ω]

14[V] x [Ω]

$\Rightarrow x = 210$ [Ω]

Vom alege $R_{11} = 210$ [Ω] valoare din tabelul standardizat (E192).

De asemenea, în realizarea releului electromagnetic am optat pentru un tranzistor NPN BC639 (Q3), deoarece este un tranzistor de putere medie care poate funcționa la o tensiune de 14[V] și este potrivit pentru aplicația aceasta.

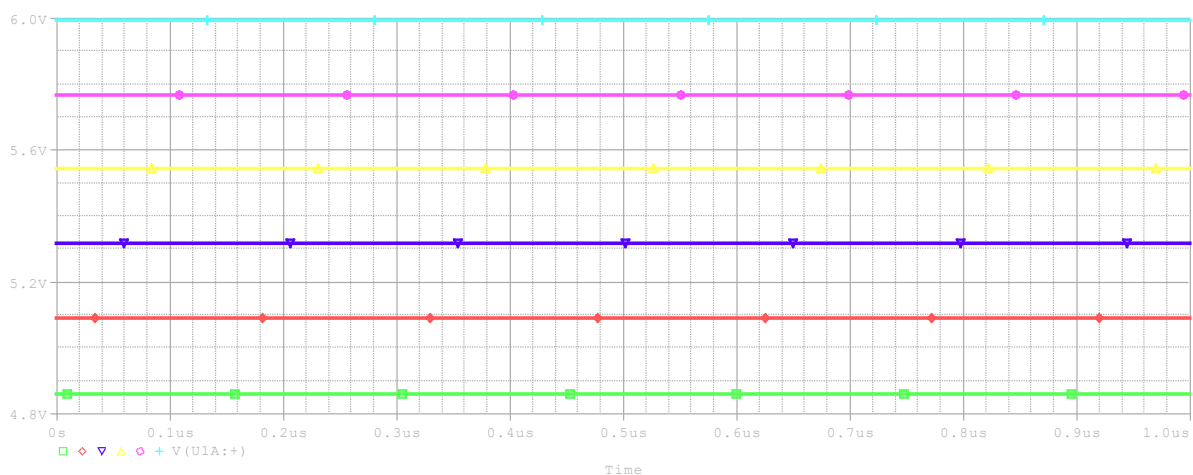
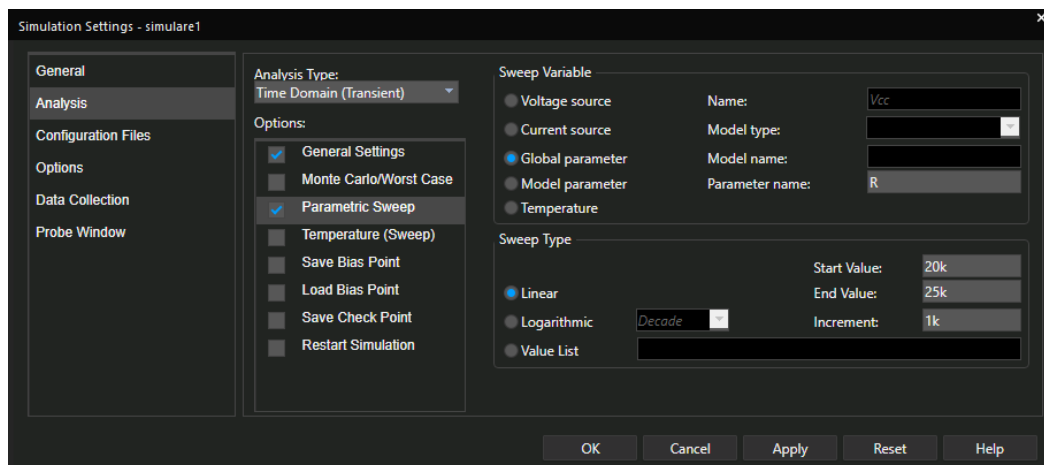
Componente folosite în realizarea circuitului și costurile aferente

Număr	Componentă	Preț /buc. (LEI)	Site
x5	Amplificator Operațional LM358	1,69	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Texas-Instruments/LM358BAIDR?qs=Cb2nCFKsA8q09dK1DPRIKg%3D%3D
x2	Tranzistor PNP BC557A	1,84	https://eu.mouser.com/ProductDetail/onsemi-Fairchild/BC557ATA?qs=UMEuL5FsraA63Lc2JwNd8w%3D%3D
x1	Tranzistor NPN BC639	2,33	https://eu.mouser.com/ProductDetail/onsemi-Fairchild/BC63916-D74Z?qs=0lQeLiL1qybh%252B9xfKzhmFQ%3D%3D
x1	LED Albastru	0,55	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Cree-LED/C4SMM-BJY-CN3Q2352?qs=sGAepiMZZMt82OzCyDsLFH3LxW84%252BE5Y3DspUVmHJwI%3D
x1	Rezistentă 56k [Ω]	5,06	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C5602BB14?qs=BQ4A3Oua3QcTMvJPQuBvnQ%3D%3D
x3	Rezistentă 1k [Ω]	2,98	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C1001FB14?qs=D1%252BtGGIbRE8YNKGbY5Vi6w%3D%3D
x1	Rezistentă 604 [Ω]	3,87	https://eu.mouser.com/c/passive-components/resistors/film-resistors/metal-film-resistors-through-hole/?q=RN55C&resistance=604%20Ohms
x2	Rezistentă 10k [Ω]	4,47	https://eu.mouser.com/c/passive-components/resistors/film-resistors/metal-film-resistors-through-hole/?q=RN55C&resistance=10%20kOhms
x1	Rezistentă 30.1k [Ω]	2,43	https://eu.mouser.com/c/passive-components/resistors/film-resistors/metal-film-resistors-through-hole/?q=RN55C&resistance=30.1%20kOhms
x1	Rezistentă 2,55k [Ω]	2,38	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C2551FB14?qs=R8BlwLKb9LU4NVtIW9EOiw%3D%3D
x1	Rezistentă 100 [Ω]	3,87	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C1000BRE6?qs=Wkh3UpWUNq9hvpDSvs9zgg%3D%3D
x1	Rezistentă 500 [Ω]	5,06	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C5000BB14?qs=YzWo7YEPTR8%252BRGEq2mZ2iA%3D%3D
x1	Rezistentă 220 [Ω]	5,06	https://eu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/RN55C2200BRE6?qs=yaiiIcJA2jVy%252BjMFvKblPQ%3D%3D
x1	Potențiometru 22k [Ω]	79,15	https://ro.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Sfernice/P11S1V0FLSY00223KA?qs=C%252BCubx1agbXpAqI8dBsO5A%3D%3D
	Preț total in LEI	136,24	

Testarea circuitului și interpretarea rezultatelor analizelor specifice

Analiză Time Domain (Transient)

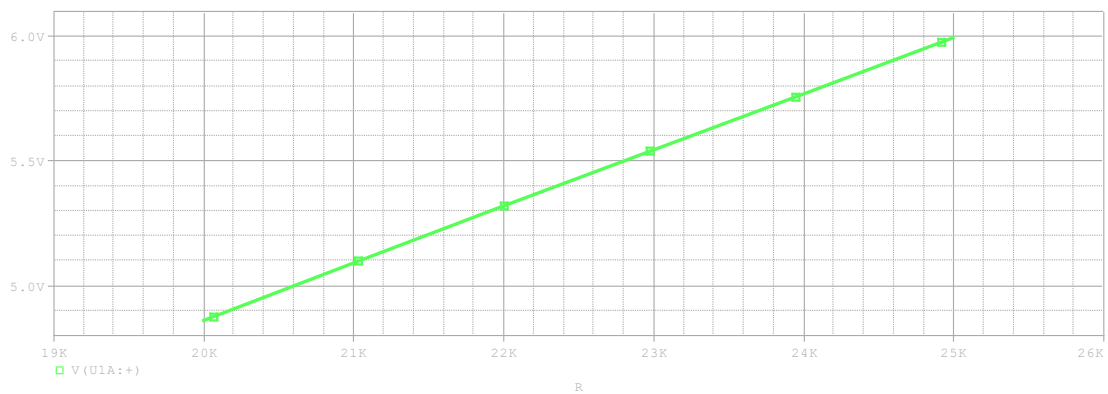
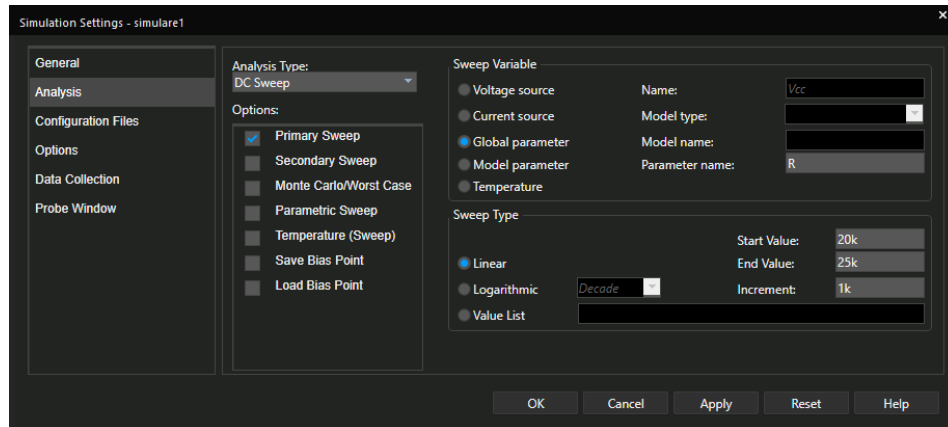
1. Vom face o analiză de tip **Parametric Sweep** la ieșirea din oglinda de curent în care vom varia liniar parametrul global R începând de la valoarea 20k până la valoarea de 25k cu increment de 1k. După rularea analizei putem observa valoarea tensiunii în timp pentru fiecare valoare pe care o ia parametrul R, respectiv 20k, 21k, 22k, 23k, 24k și 25k.



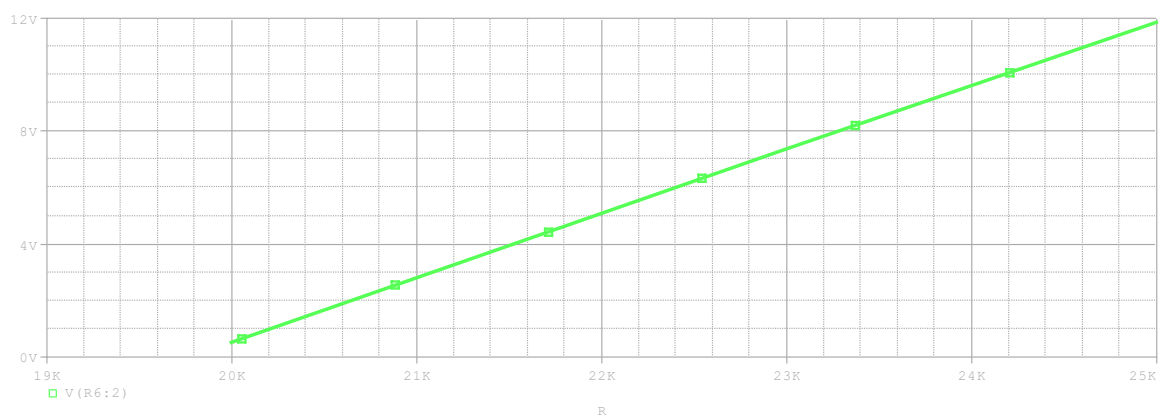
Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2		Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)		0.000		
	X Values	0.000	0.000	0.000		Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
CURSOR 1,2	V(U1A:+) 4.8599	4.8599	4.8599	0.000		0.000	0.000	4.8599	4.8599	4.8599
	V(U1A:+) 5.0887	5.0887	5.0887	0.000		228.801m	228.801m	5.0887	5.0887	5.0887
	V(U1A:+) 5.3162	5.3162	5.3162	0.000		456.332m	456.332m	5.3162	5.3162	5.3162
	V(U1A:+) 5.5425	5.5425	5.5425	0.000		682.605m	682.605m	5.5425	5.5425	5.5425
	V(U1A:+) 5.7675	5.7675	5.7675	0.000		907.629m	907.629m	5.7675	5.7675	5.7675
	V(U1A:+) 5.9913	5.9913	5.9913	0.000		1.1314	1.1314	5.9913	5.9913	5.9913

Analiză DC Sweep

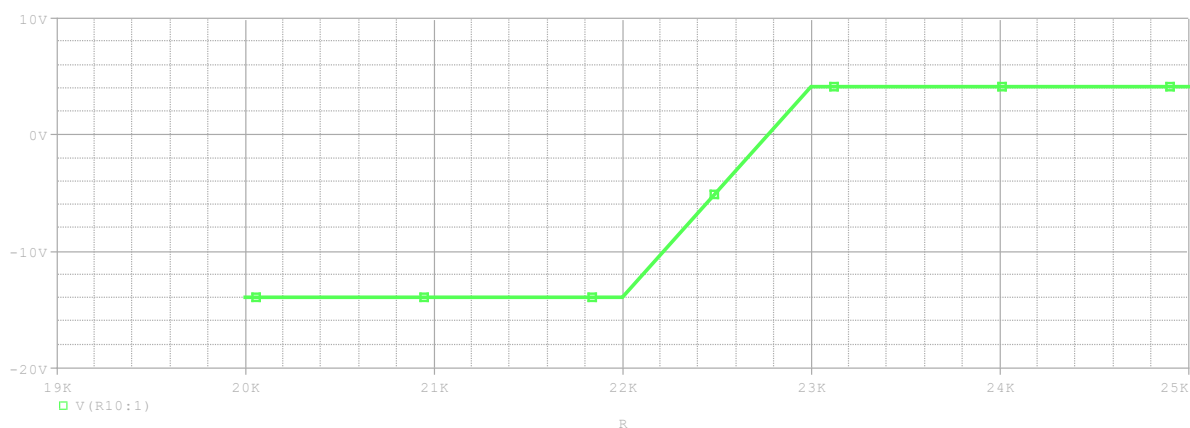
1. Vom face o analiză de tip **DC Sweep la ieșirea din oglinda de curent** în funcție de parametrul R cu valoarea de start 20k, până la 25k și increment de 1k. În urma analizei observăm că tensiunea variază liniar de la 4.8[V] pentru $R = 20k$ până la 6[V] pentru $R = 25k$.



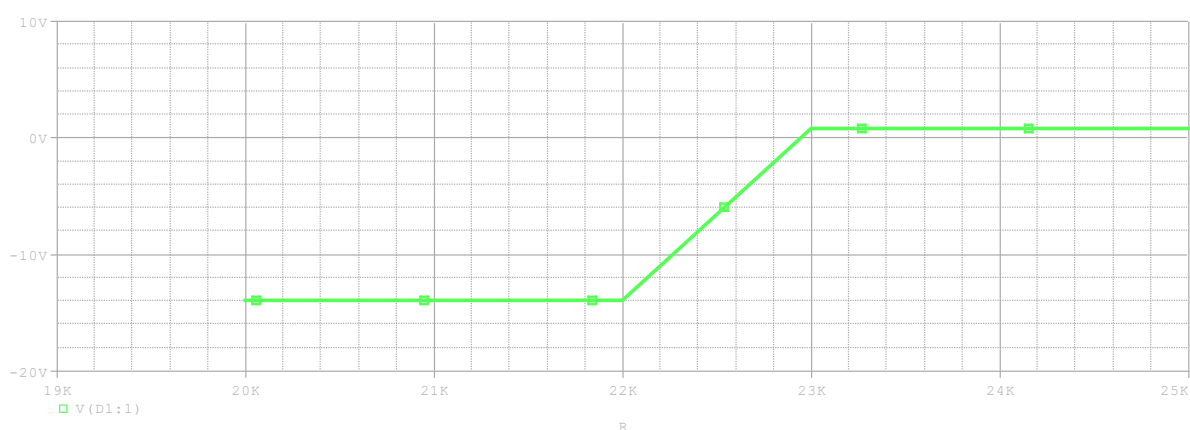
2. Vom face o analiză de tip **DC Sweep la ieșirea amplificatorului operațional** baleind parametrul R de la valoarea de start 20k, până la 25k, folosind increment de 1k. În urma analizei observăm că noua tensiune variază liniar de la 0,513[V] până la 11,82[V]. Domeniul de variație a tensiunii a crescut, ceea ce înseamnă că circuitul funcționează corect.



3. Vom face o analiză de tip **DC Sweep la ieșirea comparatorului** în care vom baleia valoarea parametrului R de la 20k până la 25k, folosind un increment de 1k. În urma analizei se observă că tensiunea este constantă -13,99[V] până la $R = 22k$, moment în care începe să crească liniar până la $R = 23k$, de unde rămâne din nou liniară la 4,13[V], tensiune suficient de mare pentru a comanda pornirea LED-ului.

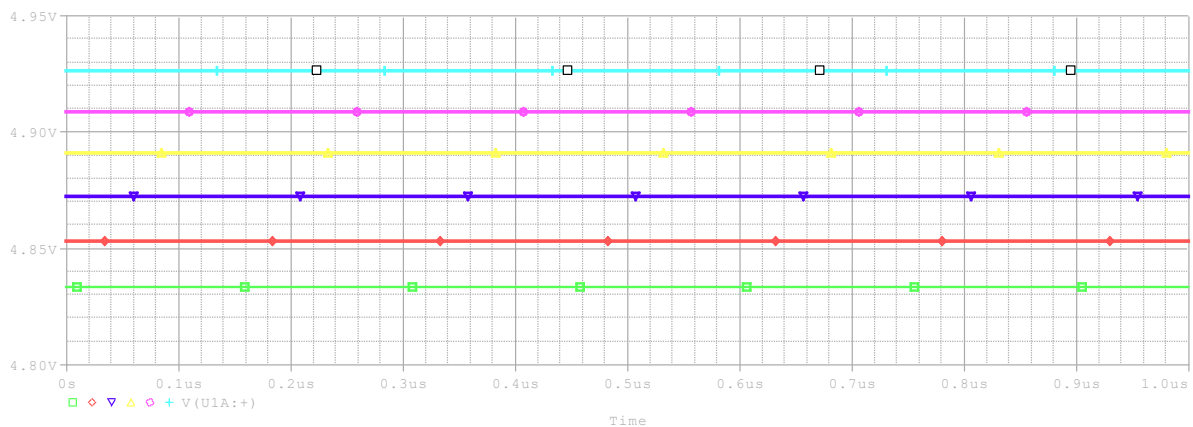
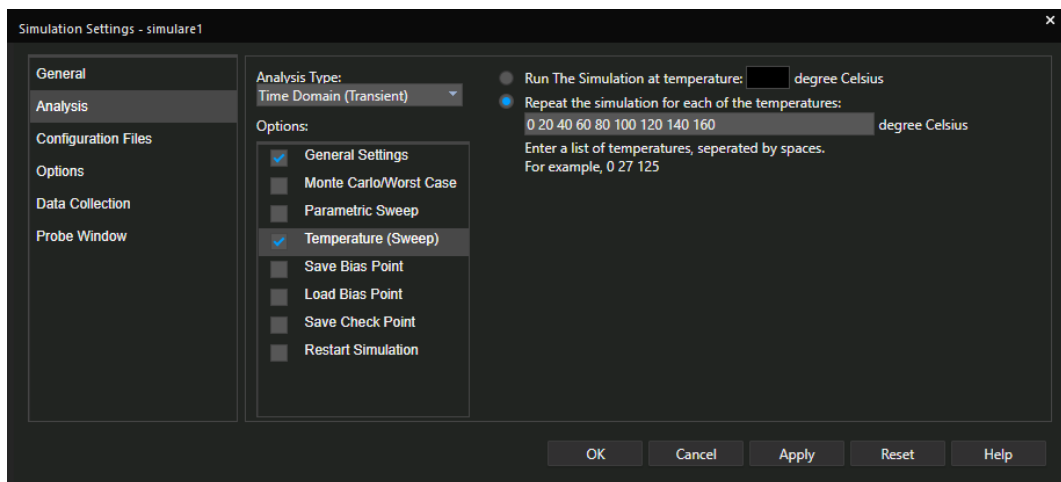


4. Vom face o analiză de tip **DC Sweep pentru LED-ul** nostru de culoare albastră pentru a analiza funcționalitatea acestuia. Parametrul R este baleiat de la 20k până la 25k, folosind incrementul de 1k. Observăm că LED-ul are starea de **oprit** pentru domeniul lui **R [20k;22k]** unde tensiunea variază de la -13,99[V] până la 0,65[V], apoi **LED-ul** își schimbă starea în **pornit** pentru **R [23k;25k]** funcționând pentru tensiunea constantă de 0,74[V].



Analiză Time Domain (Transient)

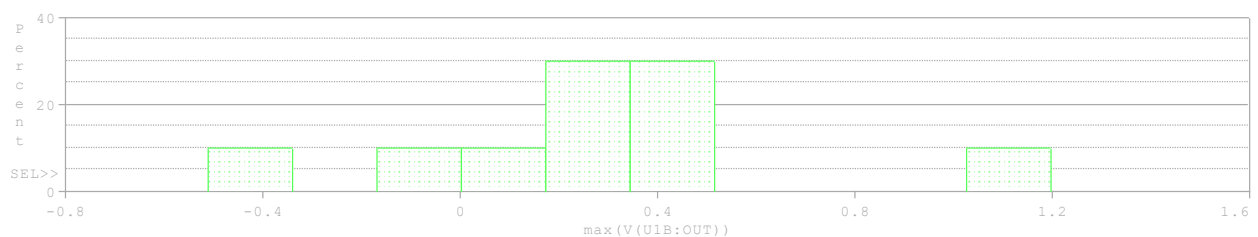
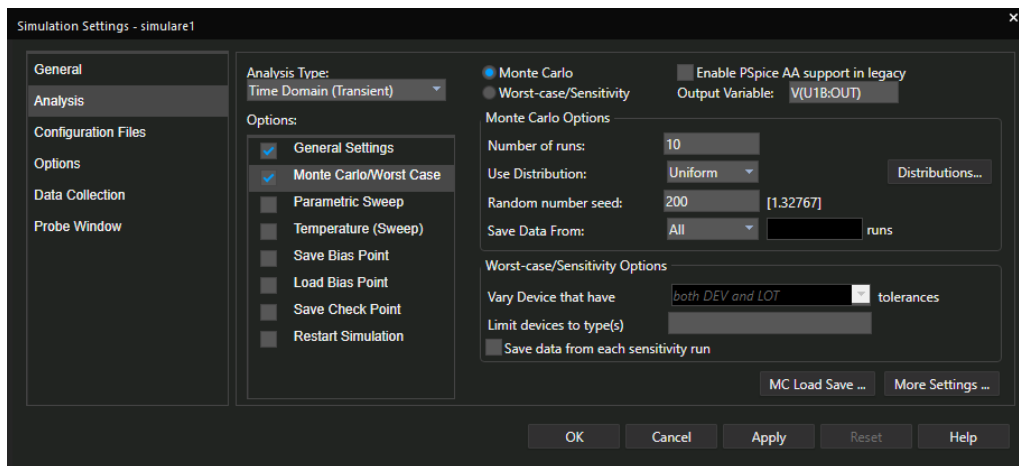
1. Vom face o analiză de tip **Temperature (Sweep)** la ieșirea din oglinda de curent pentru a vedea efectele pe care le cauzează temperatura asupra senzorului. Vom face analiza de temperatură pentru 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 și 160 de grade Celsius. Putem observa că tensiunea rămâne aproximativ aceeași, diferența fiind infimă.



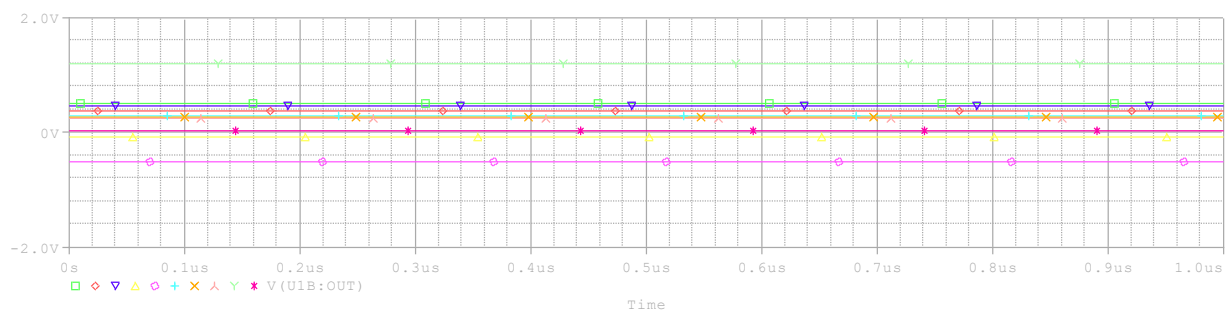
Analiză Time Domain (Transient)

Analiza Monte Carlo este o metodă statistică care evaluează comportamentul unui circuit după amplificare în ceea ce privește intervalul de valori acceptabile ale componentelor, ținând cont de variațiile în limitele de toleranță. Această metodă oferă o înțelegere cuprinzătoare a comportamentului circuitului în diferite scenarii, asigurând fiabilitatea și fezabilitatea proiectării circuitului. Prin simularea mai multor scenarii și luarea în considerare a variațiilor în valorile componentelor, analiza Monte Carlo îmbunătățește acuratețea predicției de performanță a circuitului.

1. Vom face o analiză de tip **Monte Carlo la ieșirea din amplificatorul operațional**, după ce am setat în prealabil valorile de toleranță pentru rezistențe și param.



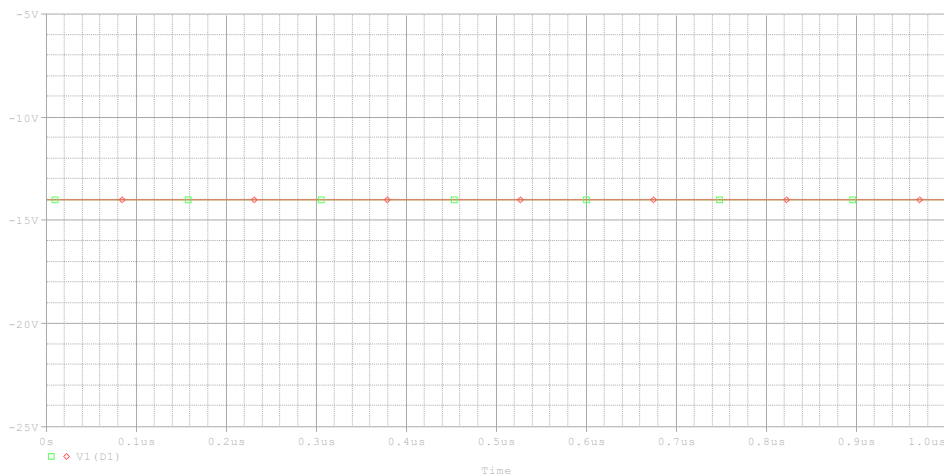
n samples	= 10	mean	= 0.282245	minimum	= -0.511108	median	= 0.277715	maximum	= 1.19844
n divisions	= 10	sigma	= 0.441467	10th %ile	= -0.292818	90th %ile	= 0.85613	3*sigma	= 1.3244



Analiză Time Domain (Transient)

Analiza Worst Case implică determinarea parametrilor specifici ai componentei care sunt critici pentru buna funcționare a unui circuit. Această analiză ajută la identificarea oricăror probleme potențiale care pot apărea dacă acești parametri nu sunt luați în considerare cu atenție. Examinând Analiza Worst Case, putem dezvolta o înțelegere mai cuprinzătoare a performanței circuitului și avem posibilitatea de a face toate ajustările necesare pentru a asigura funcționarea optimă a acestuia.

1. Vom face o analiză de tip **Worst Case** pentru LED-ul albastru



```
2662 WORST CASE ALL DEVICES
2663
2664 -----
2665
2666
2667
2668 Device  MODEL  PARAMETER  NEW VALUE
2669 R_R1    R_R1    R           1 (Unchanged)
2670 R_R0    R_R0    R           1 (Unchanged)
2671 R_R7    R_R7    R           1 (Unchanged)
2672 R_R8    R_R8    R           1 (Unchanged)
2673 R_R11   R_R11   R           1 (Unchanged)
2674 R_R9    R_R9    R           1 (Unchanged)
2675 R_R2    R_R2    R           1 (Unchanged)
2676 R_R3    R_R3    R           1 (Unchanged)
2677 R_R6    R_R6    R           1 (Unchanged)
2678 R_R10   R_R10   R           1 (Unchanged)
2679 R_R5    R_R5    R           1 (Unchanged)
2680 R_R4    R_R4    R           1 (Unchanged)
2681 R_R12   R_R12   R           1 (Unchanged)
2682
2683
2684 *** 05/22/23 15:38:52 *** PSpice 22.1.0 (6 October 2022) *** ID# 0 *****
2685
2686 *** Profile "SCHEMATIC1-simulate1" [C:\Users\Cosmin\Desktop\CAD_Melrose\Cosmin\project\pspicefiles\schematic1\simulate1.sim]
2687
2688 *** SORTED DEVIATIONS OF VIN19182 TEMPERATURE = 27.000 DEG C
2689
2690
2691 WORST CASE SUMMARY
2692
2693 -----
2694
2695
2696
2697
2698
2699 Mean Deviation = 0
2700 Sigma = 0
2701
2702 RUN MAX DEVIATION FROM NOMINAL
2703
2704 WORST CASE ALL DEVICES
2705 0 unchanged at T = 0
2706
2707
2708
2709 JOB CONCLUDED
2710
```

Bibliografie

[5] <https://www.eeweb.com/tools/resistor-tables/>

[5] <https://www.farnell.com/datasheets/2003846.pdf>

[5] http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/DE_Curs8.pdf

[5] <https://www.tme.eu/Document/e17ac5a5d91f1e843e5681cfa4a5ba4b/HLMP-HG64-VY0DD.pdf>