

PROIECT TEHNICI CAD

CIRCUIT PENTRU CONTROLUL MONOXIDULUI DE CARBON

Profesori coordonatori :Ovidiu POP
asist.dr.ing :Cristina DAVIDAȘ

Student :Bota Andrei-Daniel
grupa 2126/Semigrupa 1

CUPRINS

1. Specificații de proiectare.....	.....
2. Principiul de proiectare.....	.....
3. Proiectarea circuitului.....	.....
3.1. Divizor de tensiune.....	.....
3.2. Repetor de tensiune.....	.....
3.3. Amplificator de tensiune.....	.....
3.4. Convertor de domeniu.....	.....
3.5. Comparator cu histereza.....	.....
3.6. Releu .....	.....
3.7. Led.....	.....
4. Schema electrica a circuitului .....	.....
5. Analize de performanta.....	.....
5.1. Analiza de Temperatura.....	.....
5.2. Analiza Monte-Carlo.....	.....
5.3. Analiza Worst-Case.....	.....
6. Bibliografie.....	.....

1. Specificații de Proiectare

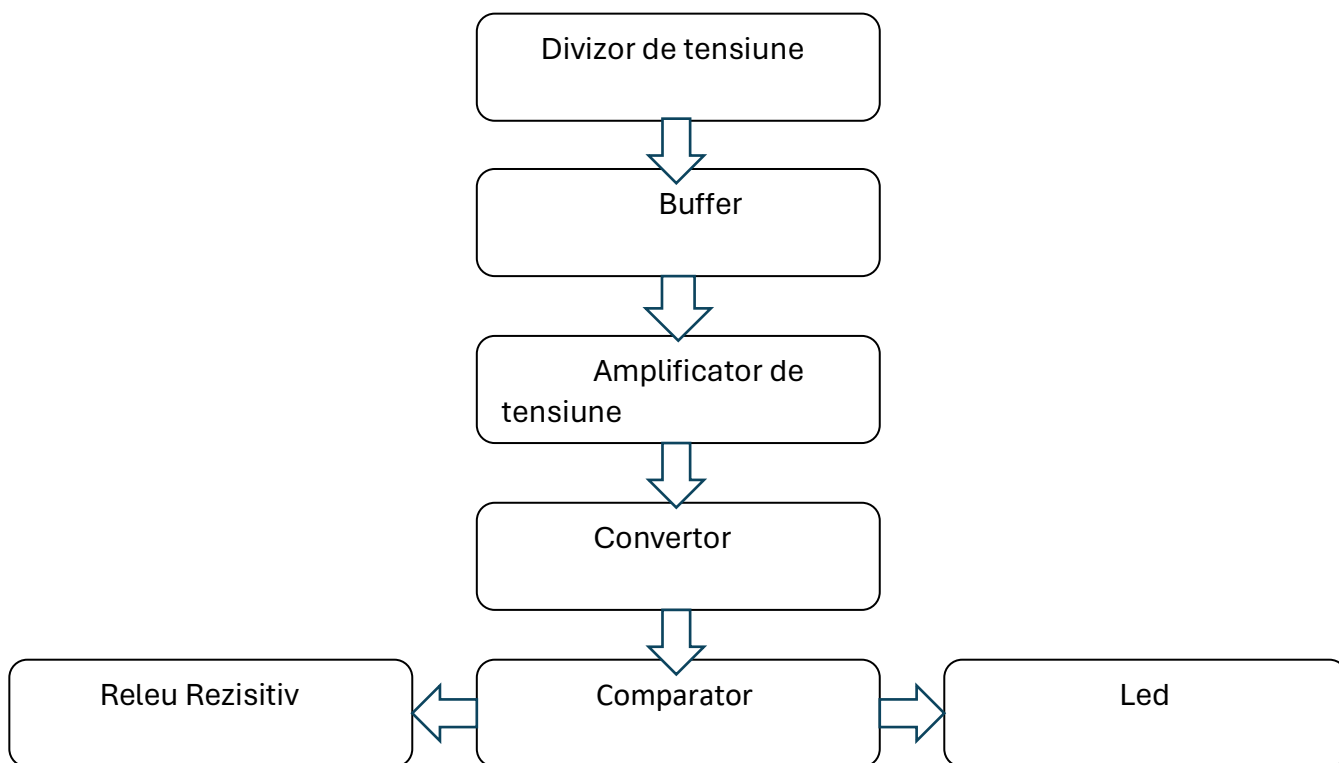
1.1. Cerința Proiectului

Să se proiecteze un sistem care utilizează senzori rezistivi de gaz pentru a menține într-o incintă concentrația de monoxid de carbon între limitele specificate în coloana E. În incintă există o sursă care generează în continuu monoxid de carbon. În momentul în care concentrația a ajuns la limita superioară (coloana E) sistemul va porni ventilatorul care va introduce aer curat. Când concentrația de monoxid de carbon ajunge la limita inferioară (coloana E) sistemul va da comanda de oprire a ventilatorului. Din foaia de catalog a senzorului se știe că la o variație a concentrației de gaz specificată în coloana F rezistența electrică a senzorului variază liniar în domeniul specificat în coloana G. Variația rezistenței electrice a senzorului trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[2 \div (V_{cc} - 2V)]$. V_{cc} este specificat în coloana H. Ventilatorul este comandat de un comparator cu histereză prin intermediul unui releu care este modelat cu un rezistor. Starea ventilatorului (pornit/oprit) este semnalizată de un LED de culoare specificată în coloana I.

1.2 Specificații de proiectare

Concentrația de monoxid în incintă [ppm]	Domeniul de măsură a senzorului [ppm]	Rezistența senzorului[Ω]	Vcc[V]	Culoare LED
200-5.000	50-7000	85k-45k	11	Albastru

2. Principiul de proiectare



3. Proiectarea circuitului

3.1. Divizorul de tensiune

Am utilizat un sistem simplu, dar eficient, pentru a măsura concentrația de monoxid de carbon (CO) folosind un senzor. Pentru a obține rezultate precise și constante, am proiectat un circuit de divizare a tensiunii folosind rezistoare de valori mari. Această abordare ne-a permis să avem o citire liniară a datelor, ceea ce este crucial pentru a interpreta concentrația de CO fără echivoc. Această linearitate facilitează calibrarea senzorului și prelucrarea ulterioară a semnalului. Am integrat în circuit două rezistoare, R1 și R2, conectate în serie, fiecare având o valoare totală de 17.5 megaohmi (MΩ), și un al treilea rezistor, R3, cu o valoare de 100 MΩ. Alegerea rezistențelor de valori mari ajută la diminuarea efectelor nedorite care pot influența precizia măsurătorilor, cum ar fi efectul de încărcare, și contribuie la o stabilitate îmbunătățită a circuitului. Astfel, chiar și variații minore în rezistența senzorului nu vor avea un impact semnificativ asupra tensiunii de ieșire.

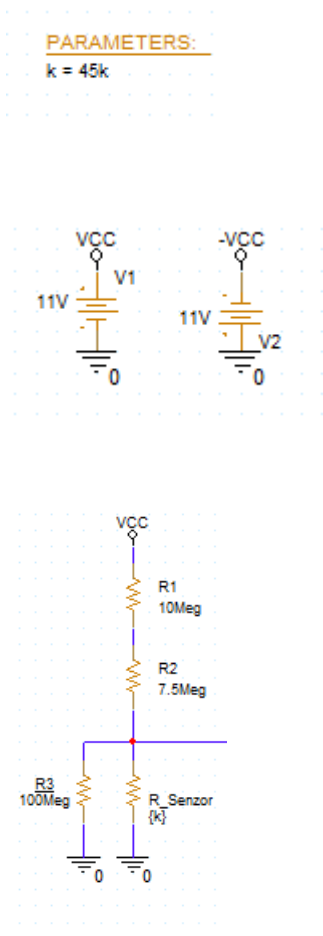


Figura 1. Schema electrica a divizorului de tensiune

In primul rând ,cu ajutorul ecuației (1) am calculat rezistenta echivalenta paralel minima a R_{senzor} si R_3 ,iar cu ajutorul ecuatiei (2). am calculat rezistenta echivalenta paralel maxima .

$$(1) R_{\text{echivmin}} = \frac{R_{\text{senz min}} \cdot R_1}{R_{\text{senzmin}} + R_1} = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 45 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^6 + 45 \cdot 10^3} = 44.979,75$$

$$(2) R_{\text{echivmax}} = \frac{R_{\text{senz max}} \cdot R_1}{R_{\text{senzmax}} + R_1} = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 85 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^6 + 85 \cdot 10^3} = 84.927,81 \Omega$$

După ce am calculat rezistentele minime si maxime paralel utilizând ecuațiile (1) si (2) am folosit un divizor de tensiune pentru a determina tensiunea de ieșire minima a senzorului (1) si tensiunea maxima (2) .Divizorul de tensiune este format din rezistenta echivalenta paralel si rezistenta $R_1 + R_2$.

$$(3) \quad V_{\text{sensormin}} = \frac{R_{\text{sensormin}}}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = 28 \text{ mV}$$

$$(4) \quad V_{\text{sensormax}} = \frac{R_{\text{sensormax}}}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = 53 \text{ mV}$$

Unde $V_{CC} = 11 \text{ V}$, iar $R_1 + R_2 = 17.5 \text{ M}\Omega$.

Am folosit analiza parametric sweep pentru a varia valoarea rezistenței senzorului între $45 \text{ k}\Omega$ și $85 \text{ k}\Omega$, după cum este necesar.

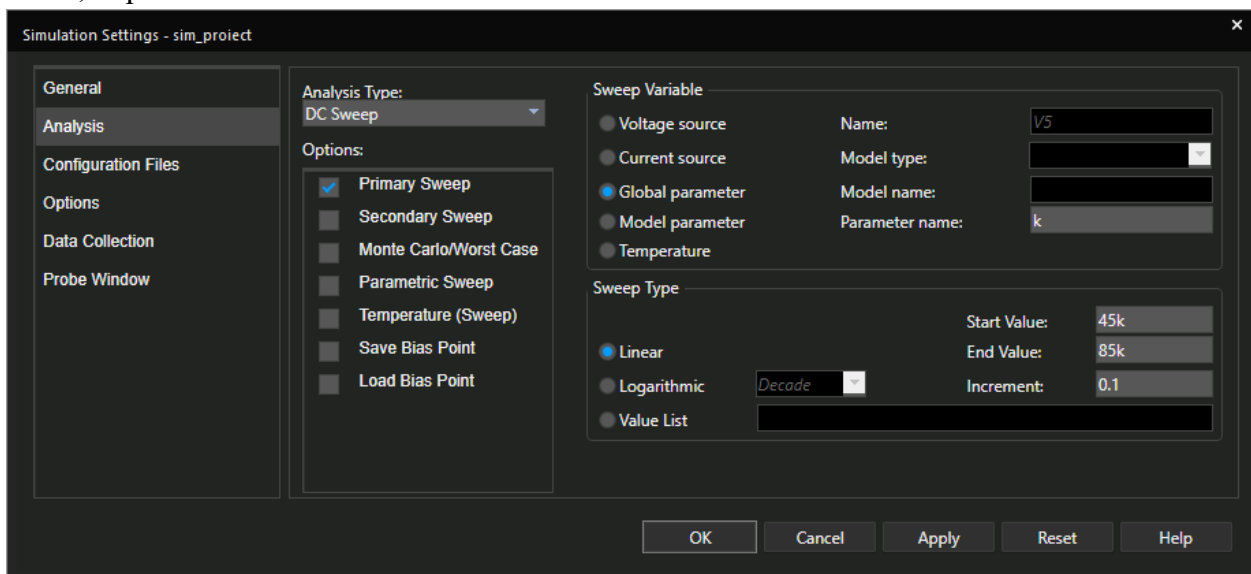


Figura 2. Setarea parametrilor Parametric Sweep

Scopul acestei analize a fost de a verifica modificările de rezistență și de a observa variația de tensiune între 28 mV și 53 mV , asigurând astfel validitatea sistemului.

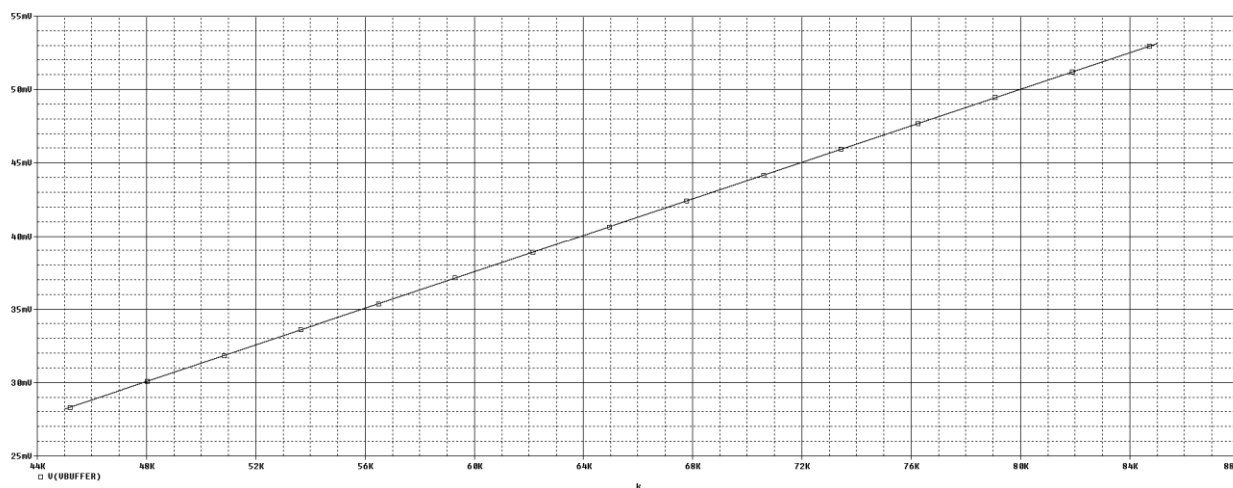


Figura 3 . Variația tensiunii în funcție de rezistența senzorului

3.2 Repetor de tensiune

Pentru a garanta o citire coerentă a semnalului de la senzorul de monoxid de carbon, am inclus în design-ul nostru un buffer - un tip de amplificator care optimizează adaptarea impedanței între senzor și sistemul nostru de măsurare/Acest buffer, specific un amplificator cu feedback negativ, se distinge prin două caracteristici esențiale: o impedanță de intrare extrem de înaltă și o impedanță de ieșire foarte scăzută. Aceste proprietăți sunt cruciale pentru menținerea purității semnalului, eliminând perturbațiile posibile datorate variațiilor de sarcină și permițând un transfer eficient al semnalului către sistemul de măsurare fără pierderi de calitate. Am ales amplificatorul operațional AD8574 pentru această funcție datorită parametrilor săi superiori de precizie. Datorită offset-ului său redus, acesta asigură că tensiunea măsurată este reprodusă fidel, contribuind astfel la îmbunătățirea fiabilității întregului sistem de detectare.

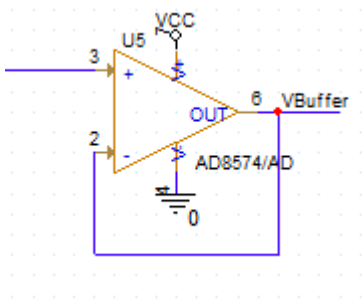


Figura 4. Schema electrica Buffer

Testăm funcționalitatea optimă a ansamblului de AO și repertor cu ajutorul aceleiași simulări Dc Sweep în tensiune. Observăm că atât căderea de tensiune de la ieșire reprezentată de culoarea roșie, cât și căderea de tensiune de la ieșirea repetorului – reprezentată de culoarea albastră sunt egale, acesta fiind rezultatul care ne confirmă

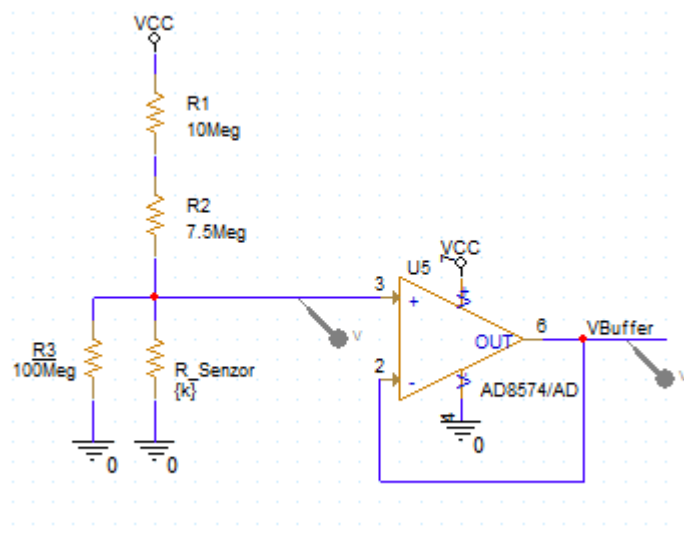


Figura 5. Ansamblu divizor de tensiune împreună cu buffer

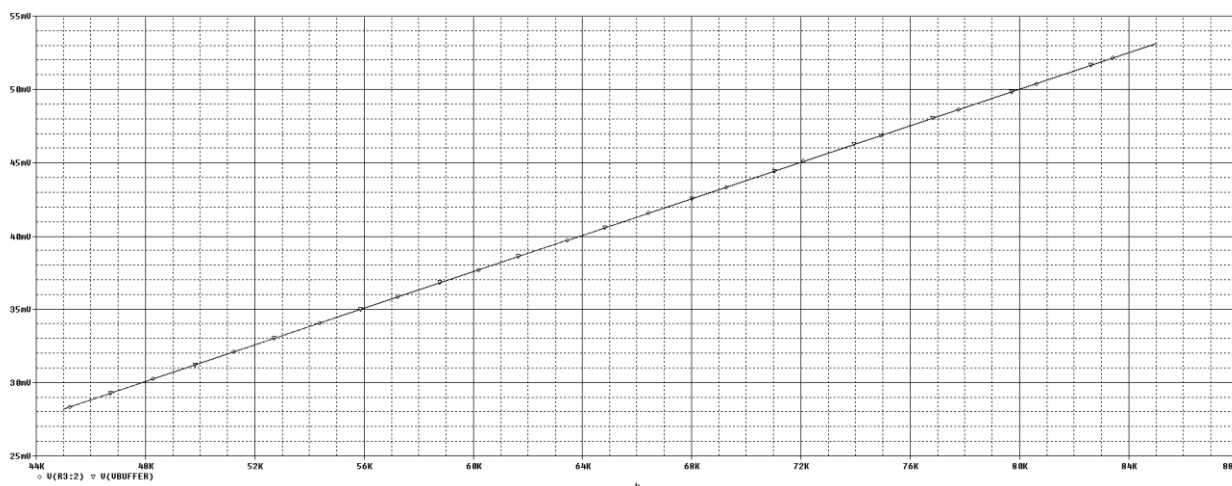


Figura 6. Caracteristica de ieșire a tensiunii de la ieșirea divizorului de tensiune și de la ieșirea repetorului

3.3 Amplificator de tensiune

Având în vedere că nivelul de ieșire de la buffer era în gama de milivolți, ceea ce înseamnă o tensiune foarte scăzută, selectarea valorilor potrivite pentru rezistoare în scopul conversiei ar fi dus la folosirea unor valori extrem de reduse. Aceste valori mici de rezistență nu sunt doar dificil de manevrat din punct de vedere al fabricației, dar și nepractice pentru utilizare în circuitele reale. Pentru a depăși acest obstacol și pentru a asigura o creștere adecvată a semnalului, am implementat un amplificator de tensiune în design-ul nostru. Acesta are rolul de a majora semnalul de ieșire la un nivel care permite o conversie analogică-digitală eficientă și de înaltă precizie, garantând totodată o integrare fără probleme cu componentele ulterioare din lanțul de procesare a semnalului. Prin această metodă, putem transforma semnalele de nivel foarte scăzut în semnale robuste, adecvate pentru analiză și utilizări ulterioare. Am folosit LM324 ca amplificator de tensiune datorită versatilității sale, consumului redus de curent și capacității de operare cu o singură sursă de alimentare, asigurând astfel un design simplu și eficient.

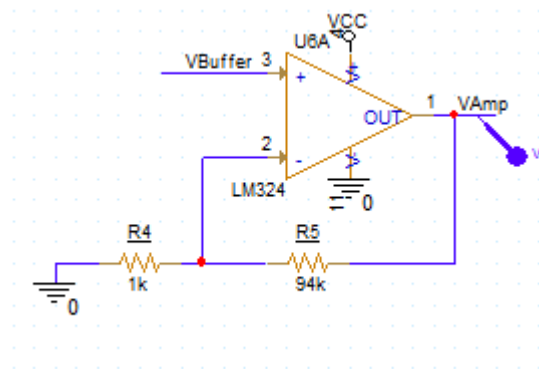


Figura 7. Schema electrica amplificator de tensiune

Unde gain-ul pe care îl produce amplificatorul este :

$$(5) \text{ Gain} = \frac{R5}{R4} + 1 = 101$$

$$(6) V_{ampmin} = \left(\frac{R5}{R4} + 1\right) V_{Buffermin} = 2.8 \text{ V}$$

$$(7) V_{ampmax} = \left(\frac{R5}{R4} + 1\right) * V_{Buffermax} = 5.3 \text{ V}$$

Conform calculelor ne va rezulta ca rezistenta R5 trebuie sa fie de 99 de ori mai mare decât R4. Dar in urma simulării observam ca nu ajungem la valorile dorite așa ca modificam ca rezistenta sa fie de 94 de ori pentru a obține tensiunea dorita.

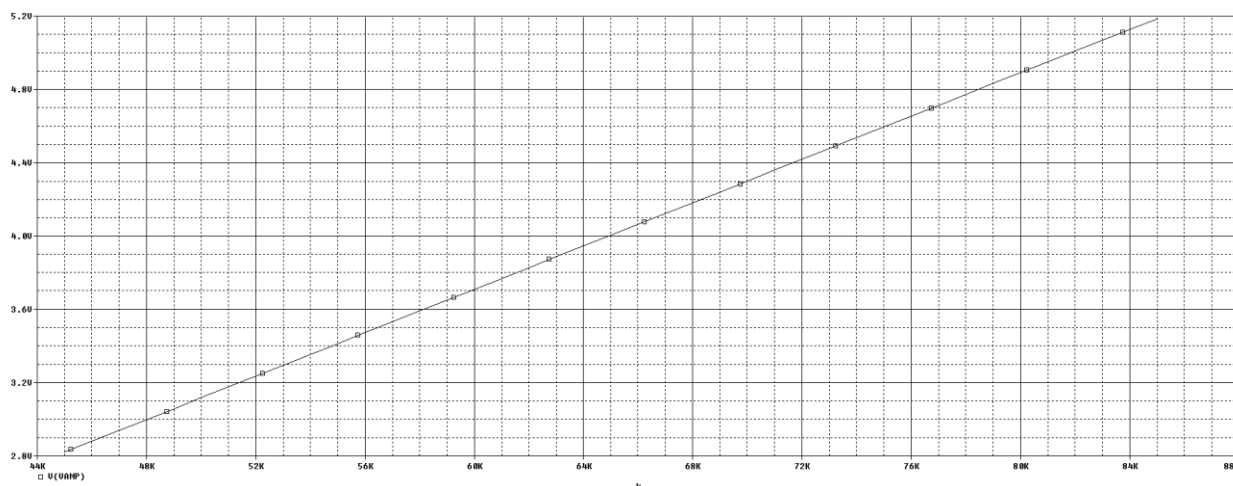


Figura 8. Caracteristica de ieșire a tensiunii de la ieșirea amplificatorului de tensiune

Observam ca tensiunea s a multiplicat cu exact 100.Astfel transformând domeniul din[28.2mV,53.1mV] în [2.8V,5.18V].

3.4. Convertor de domeniu

Semnalul amplificat este apoi redirecționat spre un convertor de domeniu, un dispozitiv cheie în circuitul nostru, care are sarcina de a ajusta gama de tensiune de la 2.82-5.18 volți la un nou interval de 2 la $(V_{cc}-2)$ volți, echivalent cu 2-9 volți în cazul nostru. Convertorul de domeniu este folosit pentru a reconfigura semnalul de intrare astfel încât să corespundă cu range-ul necesar pentru echipamentele de măsurare sau circuitele de control care urmează să utilizeze acest semnal. Acest proces de ajustare este vital pentru a asigura că semnalul poate fi utilizat eficient de către alte componente ale sistemului nostru. Principiul de funcționare al convertorului de domeniu se bazează pe un amplificator operațional aranjat într-o configurație cu feedback negativ. Această configurație permite menținerea unei relații bine definite între semnalul de intrare și cel de ieșire, și asigură stabilitatea circuitului, minimizând orice posibilă eroare. Prin urmare, conversia semnalului rămâne liniară și precisă. Pentru cerințele specifice ale sistemului nostru de detectare a monoxidului de carbon, am proiectat convertorul de domeniu astfel încât să fie inversor, realizând conversia necesară a semnalului pentru a reflecta concentrații de 45.000

ppm de CO ca 9 volți și 85.000 ppm de CO ca 2 volți. Această transformare inversă asigură că semnalul poate fi interpretat corect și precis în etapele ulterioare de procesare.

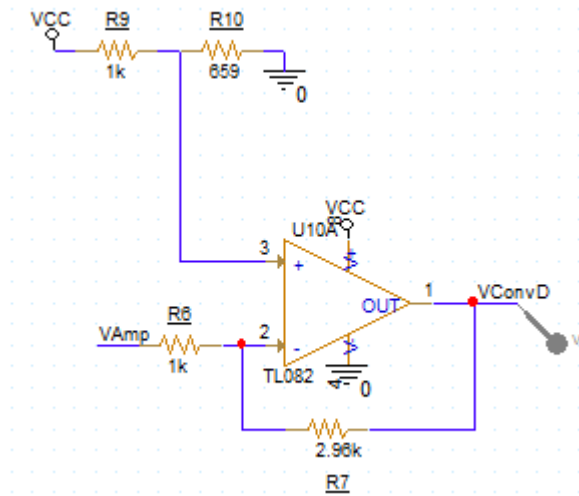


Figura 9. Schema electrica a convertorului de domeniu

În urma aplicării noțiunilor de electronica obținem următoarele formule :

$$(8) V^+ = V_{ref}$$

$$(9) V^- = \frac{R7}{R6+R7} \cdot V_{ConvD} + \frac{R6}{R6+R7} \cdot V_{Amp} \quad , \text{ de unde ne rezulta } V_o$$

$$(10) V_{ConvD} = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R7}{R6} \cdot V_{Amp}$$

Din (10) ne rezulta următoarele relații :

$$(11) 2 = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R7}{R6} \cdot 5.18$$

$$(12) 9 = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R7}{R6} \cdot 2.82$$

Din ecuația (11) reiese ca :

$$(13) V_{ref} = \frac{\frac{R_7}{R_6} \cdot 5.18 + 2}{1 + \frac{R_7}{R_6}}$$

Înlocuind V_{ref} din ecuația (13) în (12) obținem următoarea relație :

$$(14) \frac{R_7}{R_6} = 2.96$$

de unde aleg R_6 să fie egală cu un 1 k Ω , iar R_7 să fie egală cu 2.96 k Ω .

Acum că cunoaștem $\frac{R_7}{R_6}$, putem afla tensiunea de referință din ecuația (13)

$$(15) V_{ref} = \frac{2 + 5.18 \cdot 2.96}{1 + 2.96} = 4.37 \text{ V}$$

Pentru tensiunea de referință am alcătuit o folosind un divizor de tensiune

$$(16) V_{out} = \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \cdot V_{CC}$$

unde V_{out} este egal cu 4.76 V și V_{CC} este 11 V.

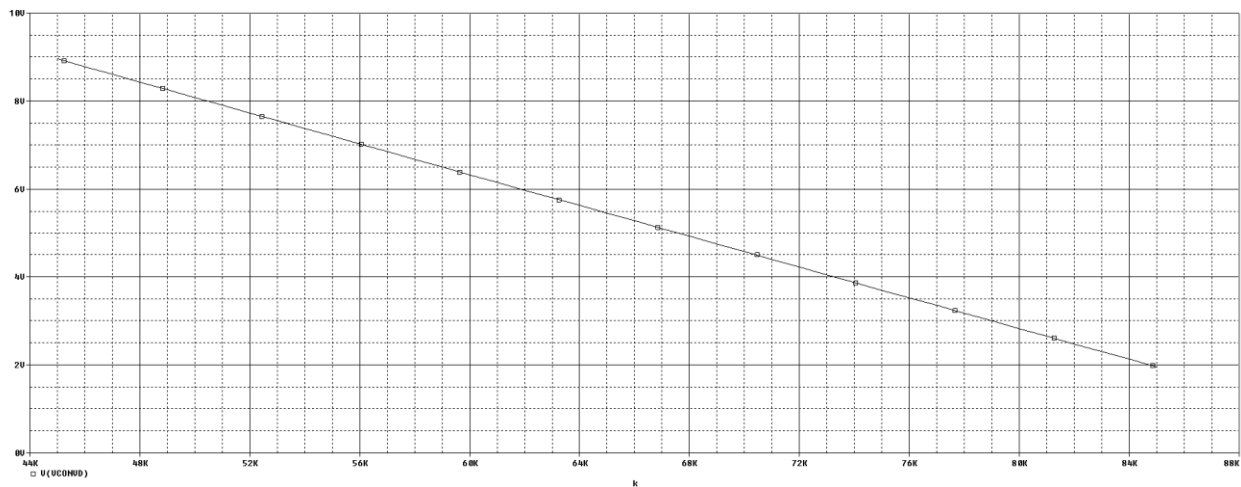


Figura 10. Caracteristica de ieșire a tensiunii de la ieșirea convertorului de domeniu

3.5. Comparator cu histereza

Conform Tabelului 1, concentrația de monoxid de carbon în incintă trebuie să se situeze între 200 ppm și 5000 ppm. În acest context, este necesar să determinăm echivalentul în rezistență pentru aceste valori specifice de ppm. În acest studiu, am utilizat ecuația dreptei pentru a determina relația dintre concentrația în părți per milion (ppm) și rezistență în ohmi (Ω). Cunoscând două puncte de referință, am reușit să derivăm o ecuație liniară care nu permite să calculăm rezistența pentru orice valoare specifică de ppm.

$$(17) \frac{R-R_1}{R_2-R_1} = \frac{PPM-PPM_1}{PPM_2-PPM_1} \Rightarrow \frac{R-85K}{45K-85K} = \frac{C-50PPM}{7000PPM-200PPM}$$

De unde ne rezulta următoarea relație între părți per milion și rezistența .

$$(18) R_{170+PPM}=14.500$$

Așa ca vom înlocui PPM cu 200 pentru a afla rezistența la acel număr de părți per milion .

$$(19) R_{170} = 14.300 \Rightarrow R = 84.116 \Omega$$

Si acum vom înlocui pentru 5000 părți per milion pentru a afla rezistenta dorita.

$$(20) R_{170} = 9500 \Rightarrow R = 55.882 \Omega$$

Conform Figurii 10 :

Observam ca la rezistenta noastră calculata de 55.882Ω avem o tensiune echivalenta de 7.04 V

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	55.878K	84.900K	-29.022K
CURSOR 1,2	V(VCONVD)	7.0483	1.9735	5.0747

Figura 11. Tensiunea echivalenta la rezistenta de 55.882Ω

Iar pentru rezistenta de 84.116Ω avem o tensiune echivalenta de 2.10V

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	84.142K	45.000K	39.142K
CURSOR 1,2	V(VCONVD)	2.1059	8.9554	-6.8496

Figura 12. Tensiunea echivalenta la rezistenta de 84.116Ω

Relațiile pe care le putem deduce in urma cercetării sunt următoarele :

$$(20) V^- = V_{ref}$$

$$(21) V^+ = \frac{R_9}{R_8+R_9} \cdot V_{Comp} + \frac{R_8}{R_8+R_9} \cdot V_{ConvD}$$

Datorita faptului ca avem un comparator ne rezulta ca $V_D = V^+ - V^-$ de unde ne rezulta următoarea ecuație ,unde $V_D = 0$.

$$(23) \frac{R_9}{R_8+R_9} \cdot V_{Comp} + \frac{R_8}{R_8+R_9} \cdot V_{ConvD} - V_{ref} = 0$$

iar la aceasta ecuație vom modifica intrarea in comparator si anume V_{convD} in V_P , adică tensiunea pragurilor noastre si ne rezulta .

$$(24) V_P = \left(1 + \frac{R_9}{R_8}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R_9}{R_8} \cdot V_{Comp}$$

În acest context, există două praguri distincte: un prag superior (high) și un prag inferior (low). Aceste praguri sunt necesare pentru a stabili o zonă de histerezis, care asigură stabilitatea și previne comutările frecvente cauzate de zgomot sau fluctuații minore ale semnalului de intrare. Pragul superior definește nivelul la care comparatorul trece din starea de joasă tensiune în starea de înaltă tensiune, iar pragul inferior definește nivelul la care comparatorul revine din starea înaltă.

$$(25) V_{PH} = \left(1 + \frac{R_9}{R_8}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R_9}{R_8} \cdot A_{LimentareLow}$$

$$(26) V_{PL} = \left(1 + \frac{R_9}{R_8}\right) \cdot V_{ref} - \frac{R_9}{R_8} \cdot A_{LimentareHigh}$$

În conformitate cu formula (26) știm ca pragul V_{PL} este egal cu 2.10 V, iar V_{PH} este egal cu 7.04 ,in conformitate cu (25), iar $V_{compHigh}$ este egal cu 11 si $V_{compLow}$ este egal cu 0 si atunci tot ce ne rămâne este sa aflam valorile rezistentelor si a tensiunii de referință V_{ref} . Datorita faptului ca alimentarea negativa la amplificator este negativa , $V_{compLow}$ este 0.

Dacă scădem ecuația (25) din (26) obținem ca

$$(27) \quad 4.94 = 11 \cdot \frac{R_9}{R_8} \Rightarrow \frac{R_9}{R_8} = 0.449$$

Aleg $R_8 = 1 \text{ k}\Omega$, de unde reiese ca $R_9 = 449 \Omega$.

Din ecuația (25) reiese ca

$$(28) \quad V_{ref} = \frac{V_{PH}}{\left(1 + \frac{R_9}{R_8}\right)} \Rightarrow V_{ref} = 4.85 \text{ V}$$

În urma simulării observăm că pragurile sunt diferite de cele așteptate de 84.116Ω și 55.882Ω și anume avem un PragLow de 56.000Ω și un PragHigh de 82.266Ω .

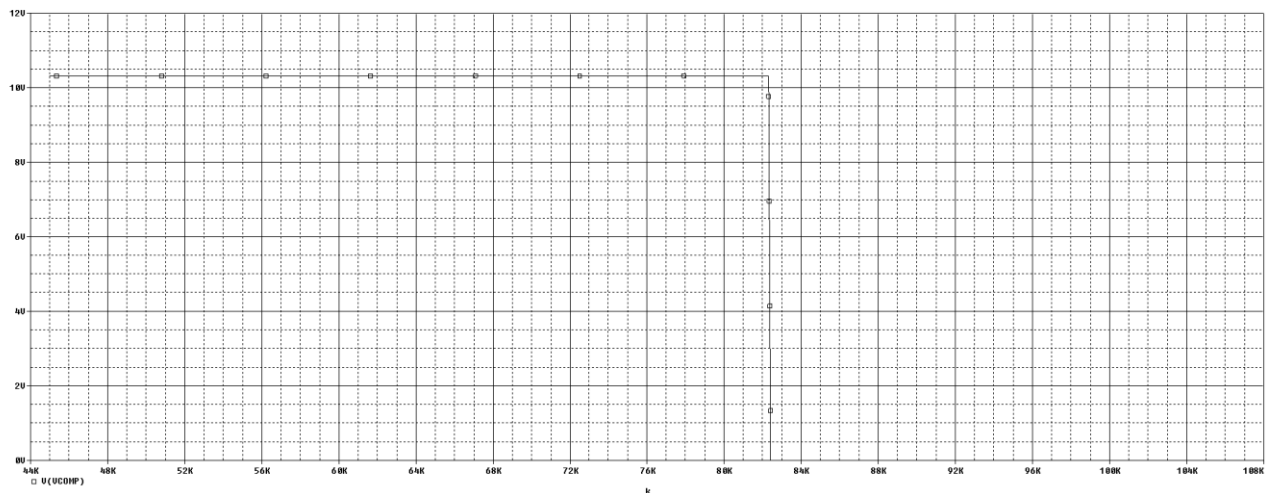


Figura 13. Caracteristica tensiunii la ieșirea din comparator ideal (part 1)

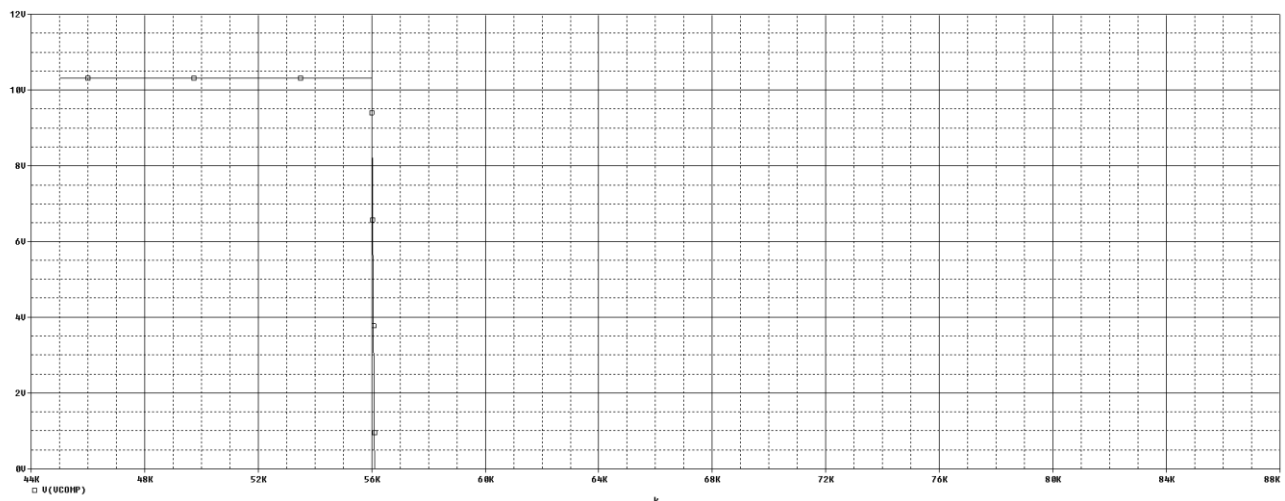


Figura 14. Caracteristica tensiunii la ieșirea din comparator ideal(part 2)

În urma rulării simulării observăm o mică marja de eroare și anume că alimentarea nu este 11 Volți precum ne-am așteptat ci de fapt este 10.315 V deoarece și amplificatorul consumă o anumită tensiune pentru a funcționa. Așa că recalculăm valorile rezistențelor și a tensiunii de referință cu noua alimentare.

$$\text{Din (27)} \frac{R_9}{R_8} = 0.478$$

Aleg $R_8 = 1 \text{ k}\Omega$, de unde reiese că $R_9 = 478 \Omega$.

$$\text{Din (28)} V_{\text{ref}} = \frac{7.04}{(1+0.478)} = 4.76 \text{ V}$$

Am format sursa de referință V_{ref} cu ajutorul unui divizor de tensiune care a rezultat în urma alegerii rezistențelor $R_{10} = 1 \text{ k}\Omega$ și $R_{11} = 763 \Omega$.

$$(29) V_{\text{out}} = \frac{R_{11}}{R_{11}+R_{10}} \cdot V_{CC}$$

unde V_{out} este egal cu 4.76 V și V_{CC} este 11 V.

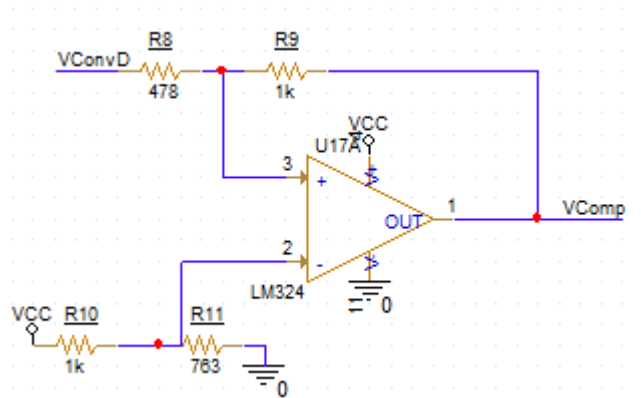


Figura 15. Schema electrica a comparatorului

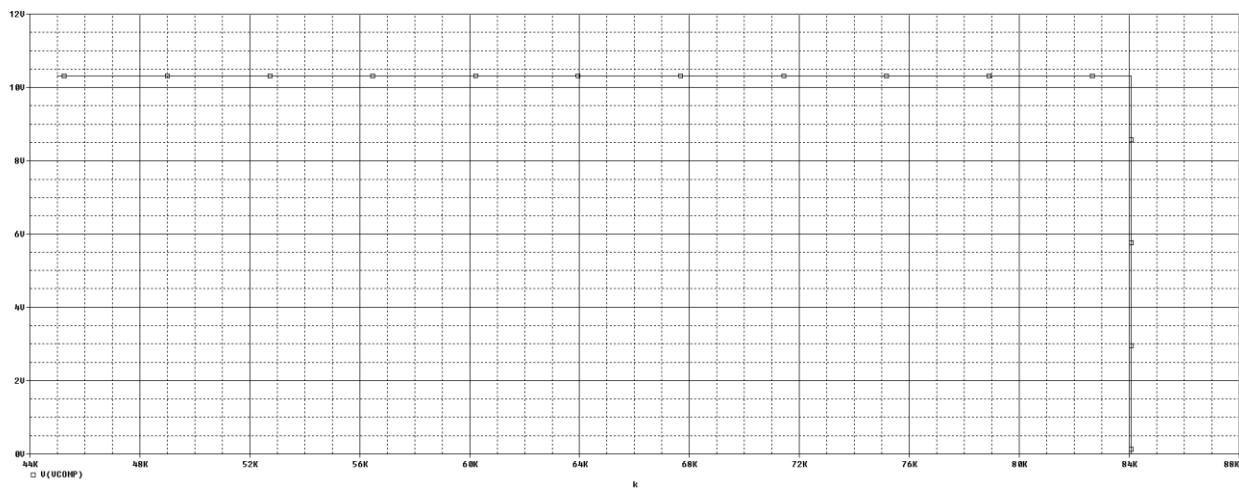


Figura 16. Caracteristica tensiunii la ieșirea din comparator real(part 1)

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	84.049K	45.000K	39.049K
CURSOR 1,2	V(VCOMP)	10.312	10.316	-3.2732m

Figura 17. Tensiunea la rezistența de 84.049 Ω

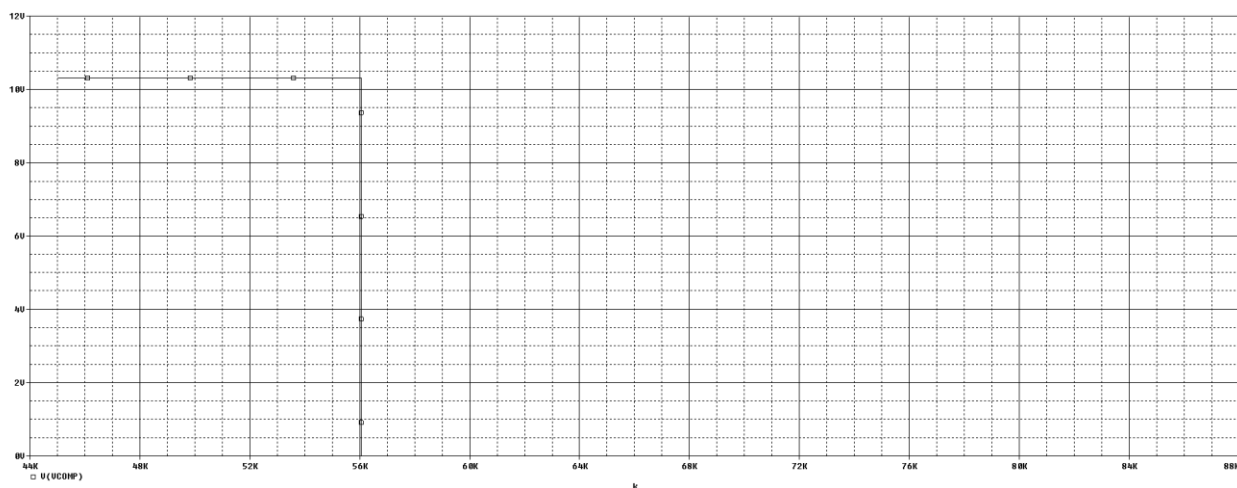


Figura 18. Caracteristica tensiunii la ieșirea din comparator real(part 2)

Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	56.049K	85.000K	-28.951K
CURSOR 1,2	V(VCOMP)	10.315	6.5881m	10.308

Figura 19. Tensiunea la rezistența de 56.049Ω

Observăm că valorile sunt mult mai apropiate de cele dorite .

3.6. Releu

Releul este o componentă electronică, un dispozitiv, care produce anumite modificări (cum ar fi închiderea și deschiderea unui circuit) pe baza unui parametru care variază (precum tensiunea electrică aplicată), permițând controlarea unui curent de intensitate mare cu ajutorul unui curent de intensitate mică.

■ Coil Data

Rated voltage (VDC)	Rated current (mA)	Coil resistance (Ω)	Coil inductance (Ref. value) (H)		Pick-up voltage	Dropout voltage	Maximum voltage	Power consumption (mW)
			Armature OFF	Armature ON				
3	50	60	0.05	0.11	80%	10% min.	200% at 23°C	Approx. 150
5	30	167	0.15	0.29				
6	25	240	0.20	0.41				
9	16.70	540	0.45	0.93				
12	12.50	960	0.85	1.63				
24	6.25	3,840	3.48	6.61				

Figura 20. Tabel referința Releu

Pentru simplitatea proiectului am ales releul G5V-1 la care am ales sa comute la 5 V si atunci componenta rezistiva va avea 167 Ω

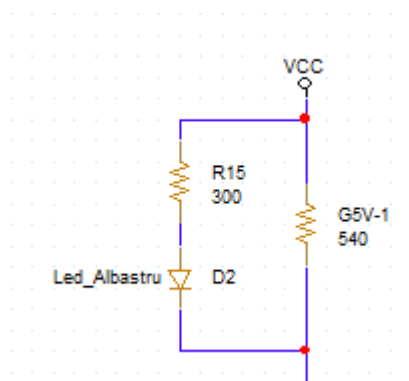


Figura 21. Schema electrica releu

Datorita considerațiilor ca circuitul trebuie sa resembleze pe cat de mult realitatea am ales sa pun o rezistenta de 165 Ω.

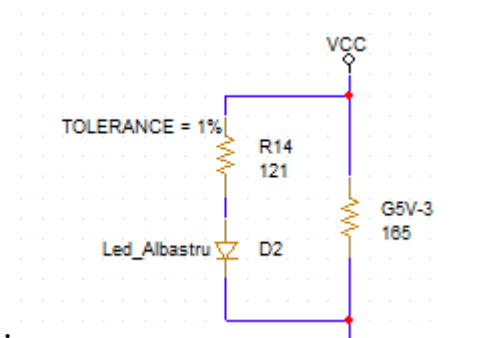


Figura 22. Schema electrica cu rezistente reale a releului

Tot la studiul releului am adăugat un tranzistor pentru a ne asigura ca in momentul in care trecem de prag si la ieșirea din comparator avem 11 volți, atunci tranzistorul va conduce si releul se va activa pentru a porni led ul si ventilatorul .

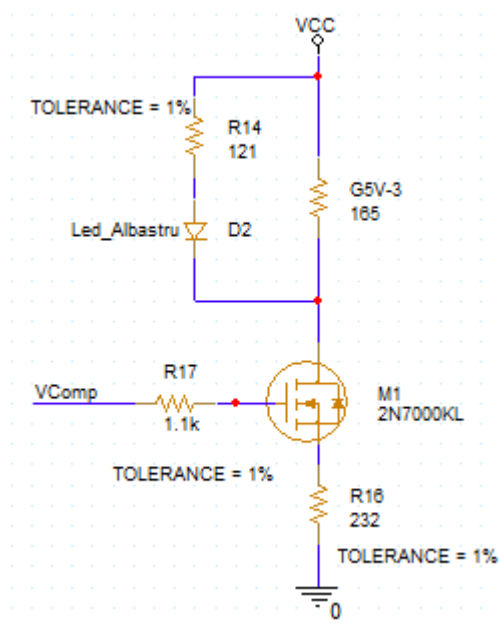


Figura 23. Schema electrica releu + tranzistor pentru comutarea exacta a ventilatorului

Pentru simplitate am ales tranzistorul 2N7000KL. Rezistenta R17 s a ales in următorul mod . Curentul de ieșire din comparator este maxim 10 mA iar tensiunea maxima este de 11 V așa ca am aplicat legea lui ohm pentru a obține rezistenta de 1.1 k .

3.7. Led

Starea ventilatorului este semnalizată de un led, iar modelul de led utilizat este un led de culoare albastră, folosindu-ne de valorile aflate din fișa tehnică.

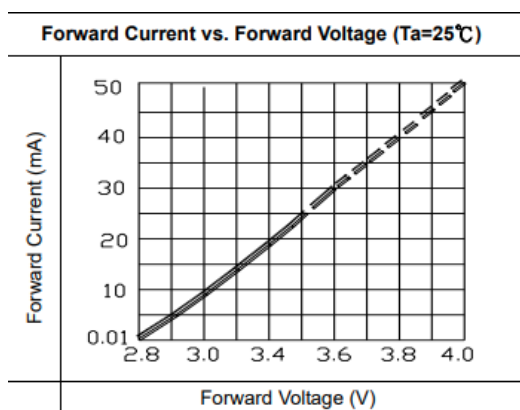


Figura 25. CSTV Led

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Continuous Forward Current	I_F	25	mA
Peak Forward Current (Duty 1/10 @ 1KHZ)	I_{FP}	100	mA
Reverse Voltage	V_R	5	V
Power Dissipation	P_d	120	mW
Operating Temperature	T_{opr}	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature	T_{stg}	-40 ~ +100	°C
ESD	ESD_{HBM}	150	V
Soldering Temperature	T_{sol}	260 °C for 5 sec.	

Electro-Optical Characteristics ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Luminous Intensity	I_v	400	800	-----	mcd	$I_F=20\text{mA}$
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$	-----	20	-----	deg	$I_F=20\text{mA}$
Peak Wavelength	λ_p	-----	468	-----	nm	$I_F=20\text{mA}$
Dominant Wavelength	λ_d	-----	470	-----	nm	$I_F=20\text{mA}$
Spectrum Radiation Bandwidth	$\Delta\lambda$	-----	35	-----	nm	$I_F=20\text{mA}$
Forward Voltage	V_F	-----	3.4	4.0	V	$I_F=20\text{mA}$
Reverse Current	I_R	-----	-----	50	μA	$V_R=5\text{V}$

Figura 24. Tabel referința Led

Conform figuri 25 stabilim ca pentru un curent de 25 de mili amperi avem nevoie de o tensiune de 3.5 V .

$$(30)R_{led} = \frac{V_{REL}-V_f}{I_f}$$

Unde $V_{Rel}=5\text{ V}$, $V_f=3.2\text{ V}$ si $I_f= 15\text{ mili amperi}$.

Conform formulei (30) rezulta ce rezistenta utilizata la led este de 121 Ω .

Cu ajutorul aplicației PlotDigitizer, unde prin intermediul graficului din figura 2 am extras aproximativ 20 de puncte pe care le-am introdus in aplicația PSpice Model Editor,

translatând caracteristica directă a led-ului albastru.

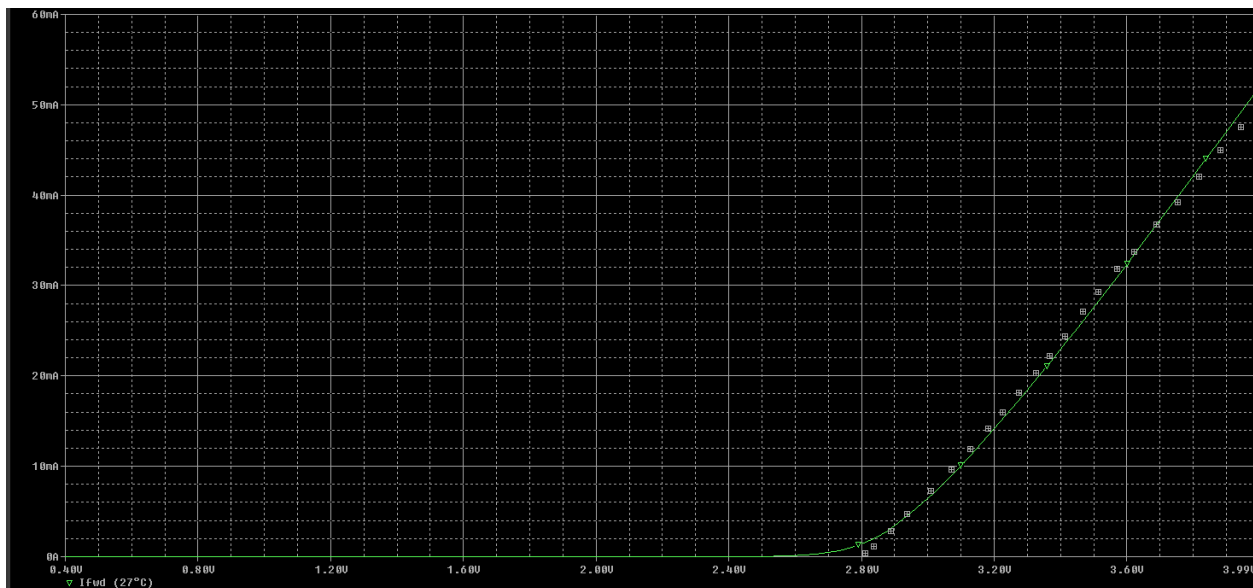


Figura 26. CSTV Led in Pspice Model editor

Pentru a importa și a folosi cu succes LED-ul albastru în circuit, am urmat o serie de pași. Pentru început, LED-ul fiind adăugat în circuit prin intermediul unei componente DBreak, i-am schimbat acesteia Implementation Path și am adăugat totodată și fișierul modelat Pspice Model Editor în librăria Orcadului.

	A
	SCHEMATIC1 : PAGE1
AREA	
Color	Default
Designator	
Graphic	Dbreak.Normal
ID	
Implementation	Led_Albastru
Implementation Path	C:\Users\botaa\Desktop\
Implementation Type	PSpice Model
Location X-Coordinate	760
Location Y-Coordinate	380
Name	INS20122
Part Reference	D2
PCB Footprint	
Power Pins Visible	<input type="checkbox"/>
Primitive	DEFAULT
PSpiceOnly	TRUE
PSpiceTemplate	D*@REFDES %1 %2 @MO
Reference	D2
Source Library	C:\CADENCE\ORCADX
Source Package	Dbreak
Source Part	Dbreak.Normal
Value	Dbreak

Figura 27. Calea de implementare

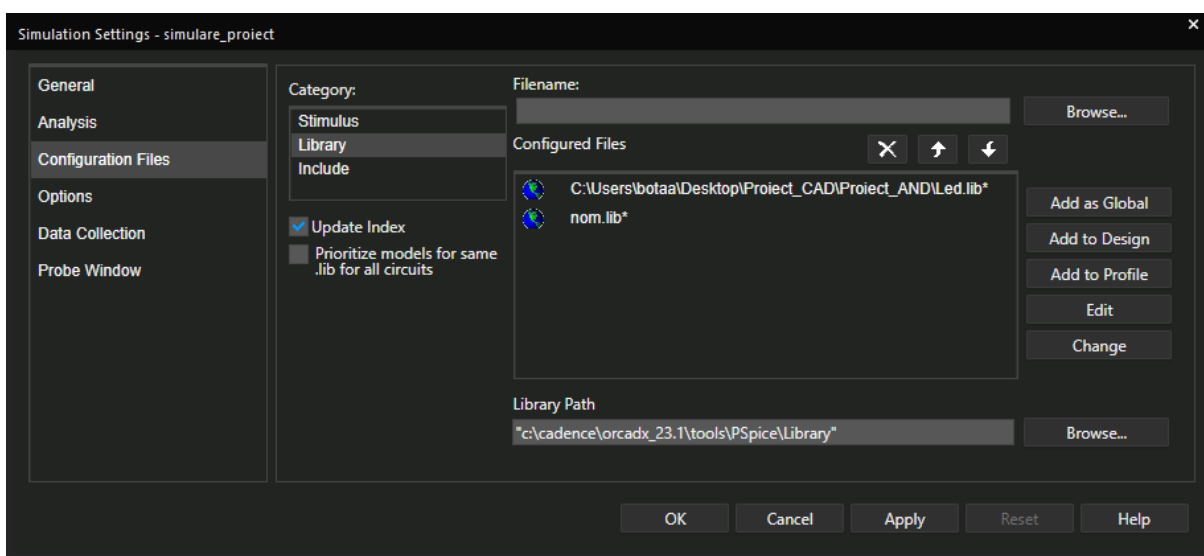


Figura 27. Implementarea librăriei în simulare

Cu același tip de simulare DC SWEEP setată pe modul parametric, vizualizăm curentul prin Led și observăm că nu ajunge exact unde ne doream și anume la 15 mA.

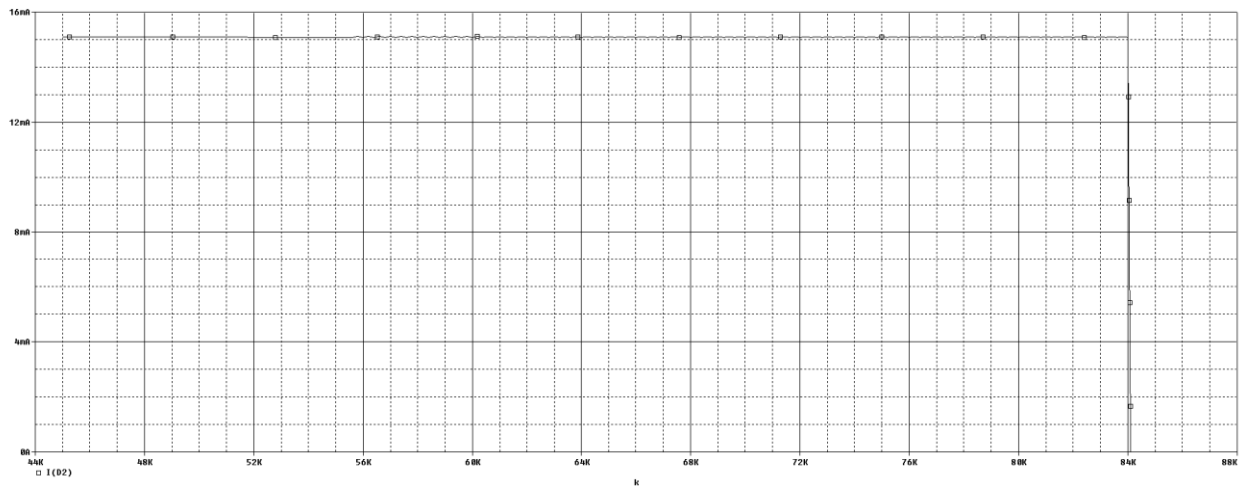


Figura 28. Variația curentului prin led

Rezolvarea pe care am adus o este de a adăuga o rezistență în sursa tranzistorului deoarece știm că . Din figura (23) putem deduce următoarea ecuație :

$$(31) \quad (R_{releu} || R_{Led} + R_{ds} + R_{14}) \cdot I_d = VCC$$

De unde deducem ca $R_{14} = 121 \Omega$ și ca $R_s = 232 \Omega$.

4. Schema electrica a circuitului

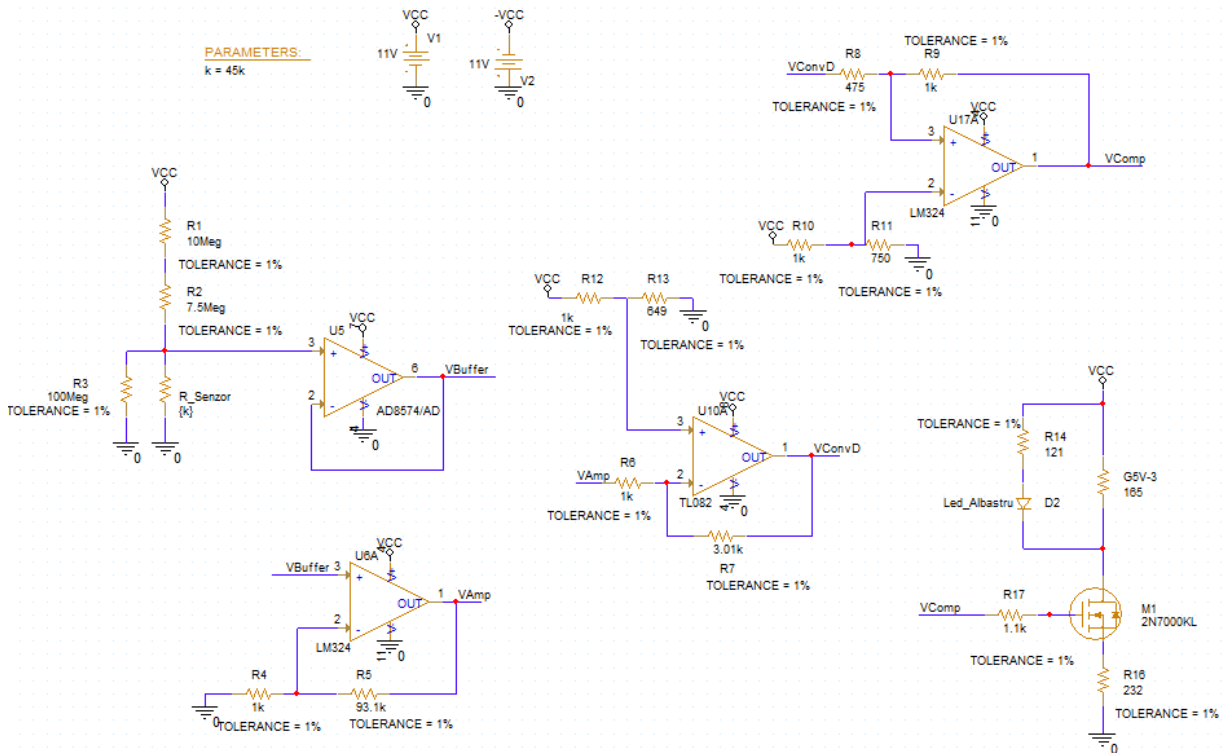


Figura 30. Schema circuitului complet

5. Analize de performanta

5.1 Analiza de temperatura

Am setat un profil de simulare care ne va balea temperatura in simulare intre -40 si 40 de grade Celsius cu scopul de a vedea cat de dependenta e ieșirea circuitului fata de temperatura.

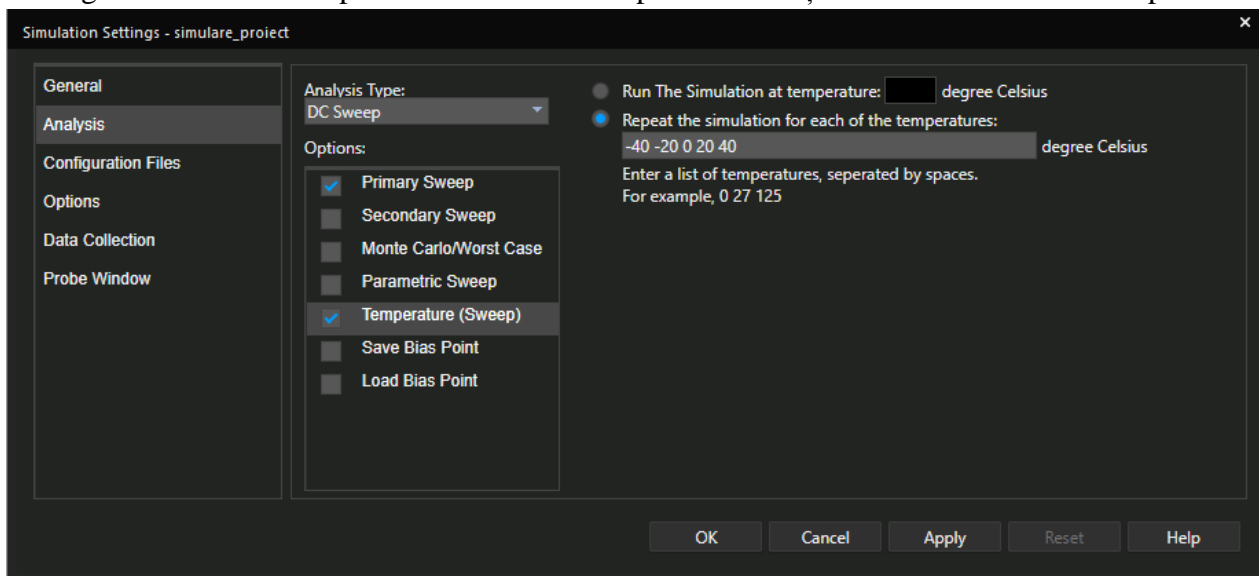


Figura 31. Setarea profilului de simulare pentru analiza de temperatura

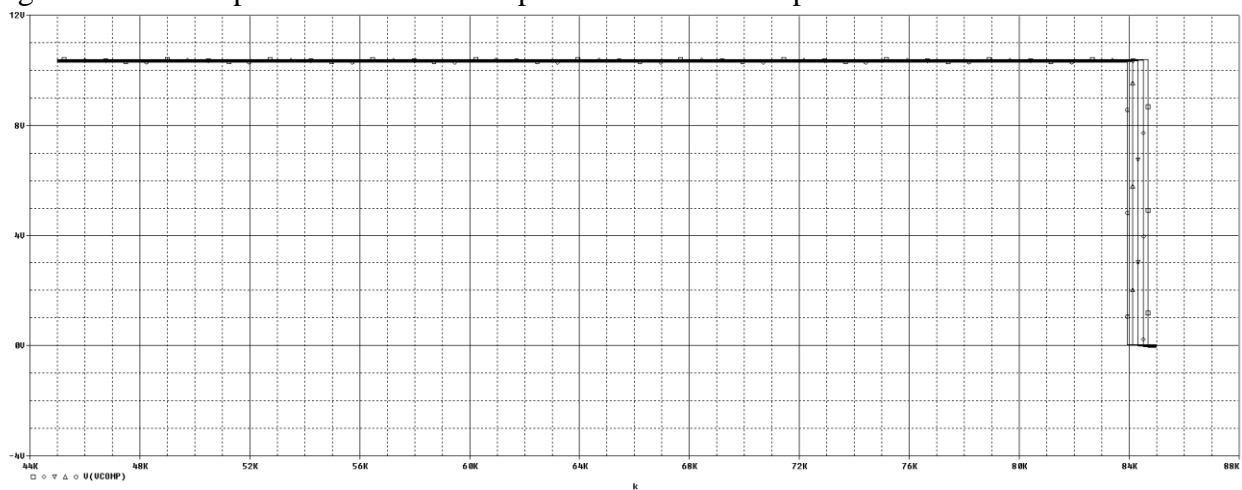


Figura 32. Variația pragului superior al comparatorului in funcție de temperatura

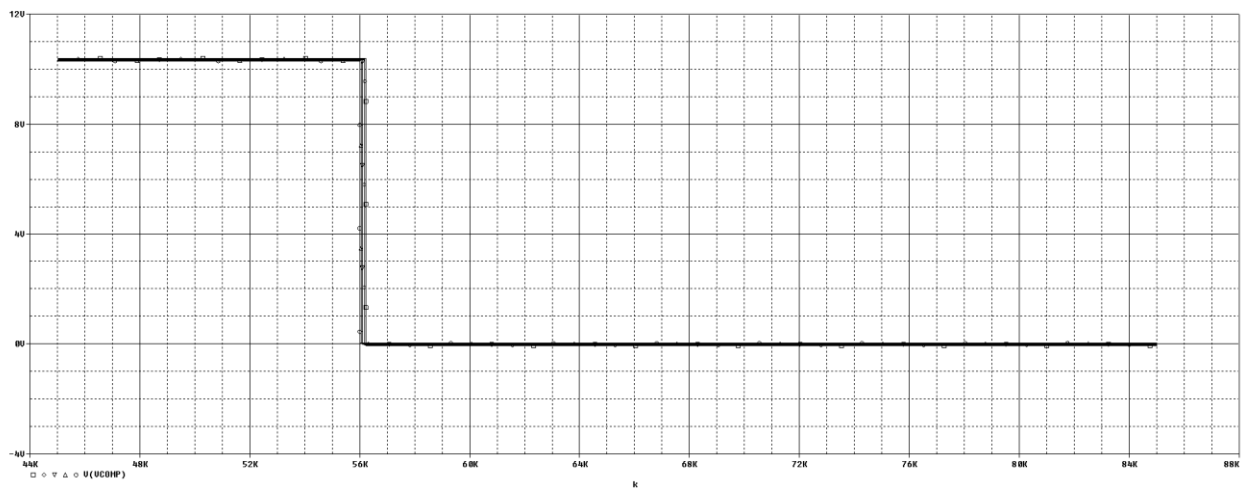


Figura 33. Variația pragului inferior al comparatorului în funcție de temperatura

Observăm că avem o variație de aproximativ $1 \text{ k}\Omega$ la ieșirea din comparator deci ar putea apărea o întârziere la pornirea ventilatorului sau pornirea acestuia.

Pe de altă parte putem observa și o variație mică în curentul care circula prin led.

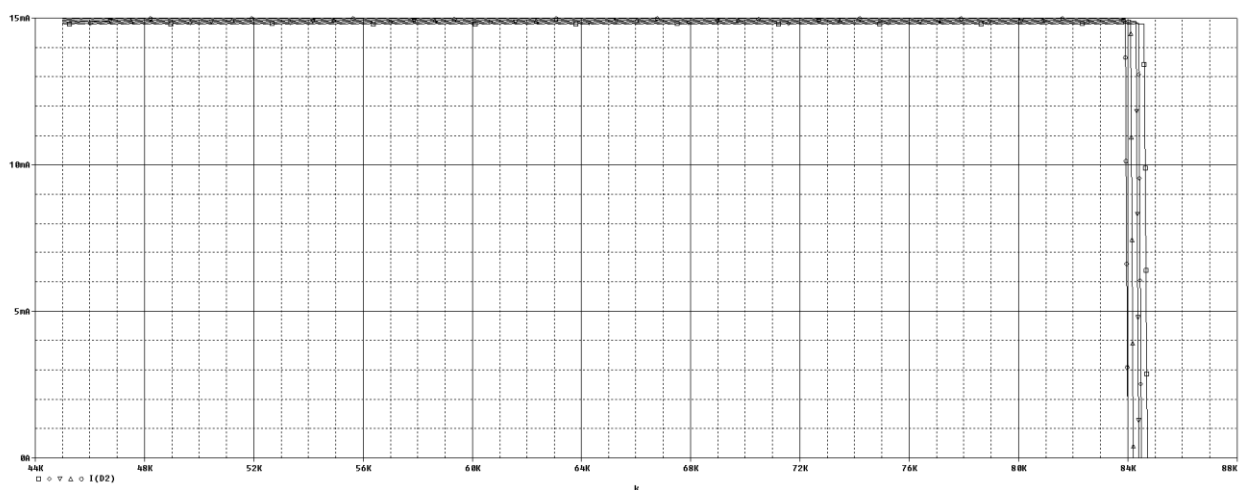


Figura 34. Variația curentului în funcție de temperatura

5.2. Analiza Monte-Carlo

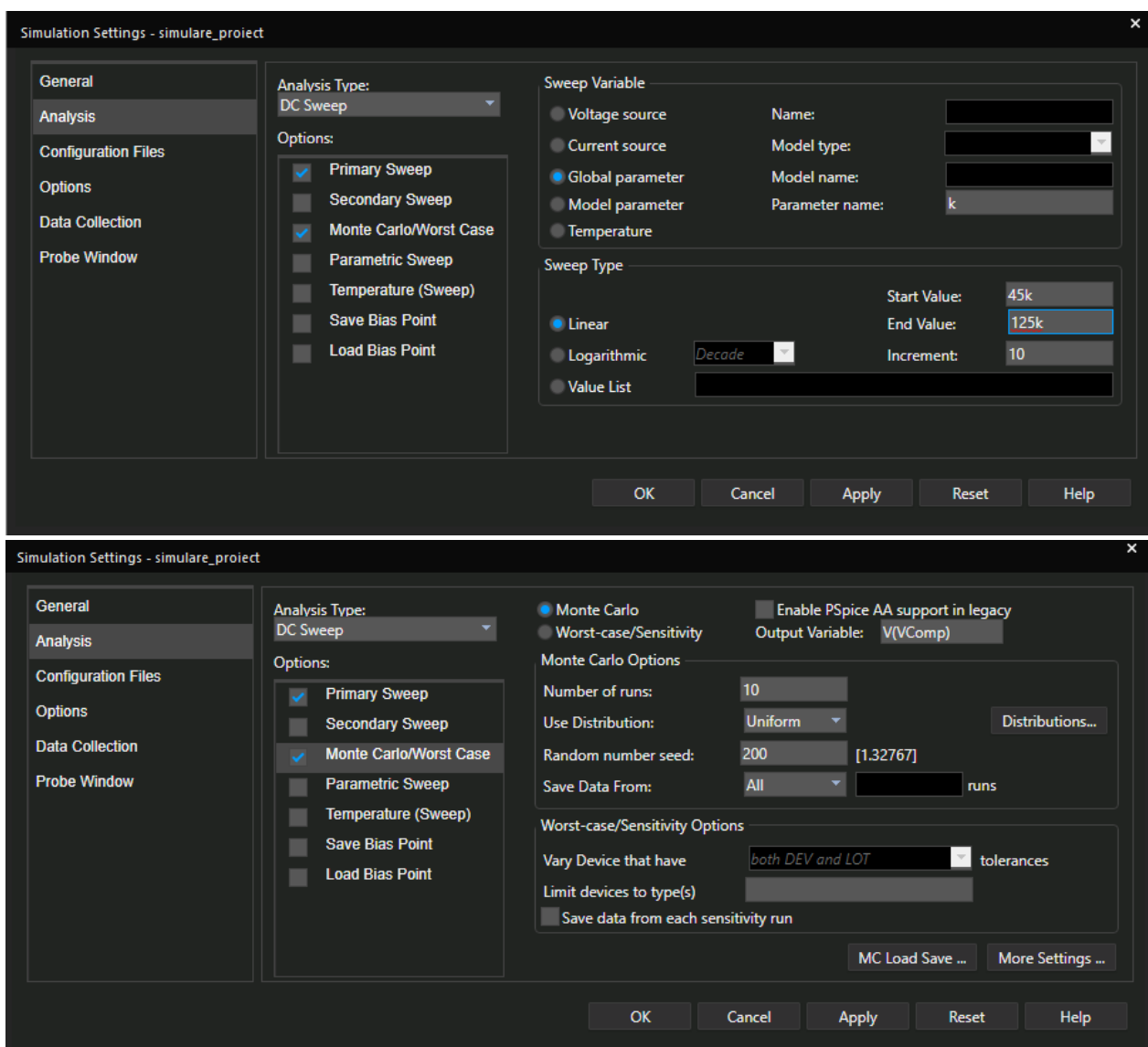


Figura 35. Profil de simulare pentru analiza Monte-Carlo

Am setat următorul profil de simulare cu scopul de a vedea cum variază ieșirea din comparator în funcție de toleranța. Am mărit limita superioară a variației senzorului pentru a ne permite citirea variației la ieșirea din comparator.

Aceasta constituie cel mai bun mod de analiză a unui circuit din punct de vedere statistic, de a vedea cum se comportă acel circuit la variații ale valorilor componentelor. Această analiză este foarte utilă pentru a avea o imagine aproape reală a funcționării unui circuit, atunci când toată gama de componente folosite are toleranță. Rezistențele folosite în circuitul nostru au toleranță de 1%, fiind din seria E96.

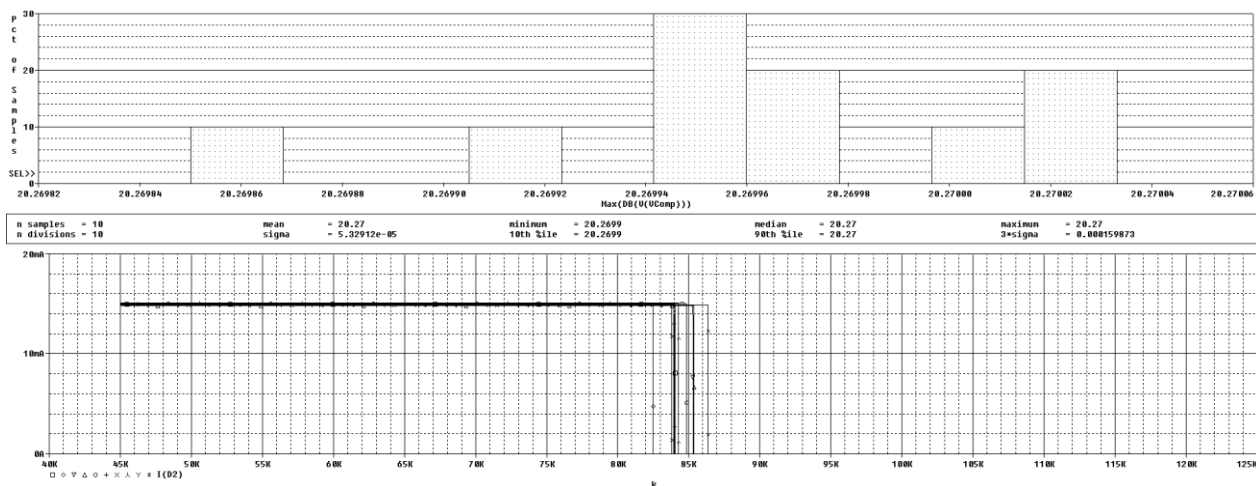
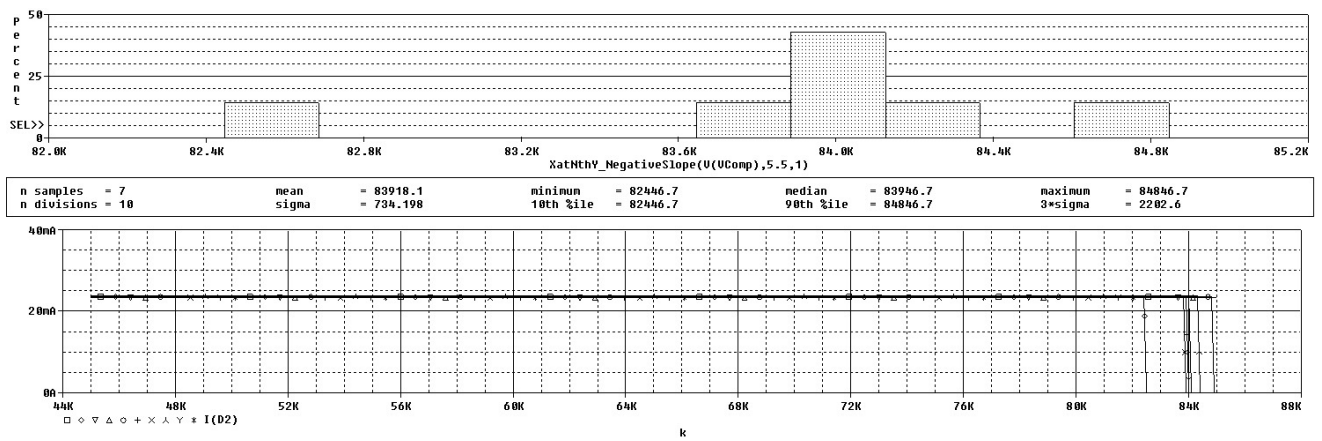


Figura 36. Analiza Monte-Carlo, histograma si variația pragului superior în funcție de toleranțe

În urma simulării observăm că avem o variație relativ mică la ieșirea din comparator și avem o abatere de 0.001 în histogramă. Am utilizat $\text{MAX}(\text{DB}(V_{out}))$ în histograma simulării Monte Carlo pentru a evalua vârfurile semnalului de ieșire în condiții variabile, garantând astfel stabilitatea și performanța maximă a circuitului. O altă metodă de abordare este de a ne folosi de formula $X_{atNTHy_negativeslope}(V_{out}, 5.5, 1)$ pentru a determina punctul de intersecție la valoarea specificată (5.5V), analizând astfel tranziția negativă a semnalului și caracterizând dinamica răspunsului circuitului.



4.3. Analiza Worst-Case

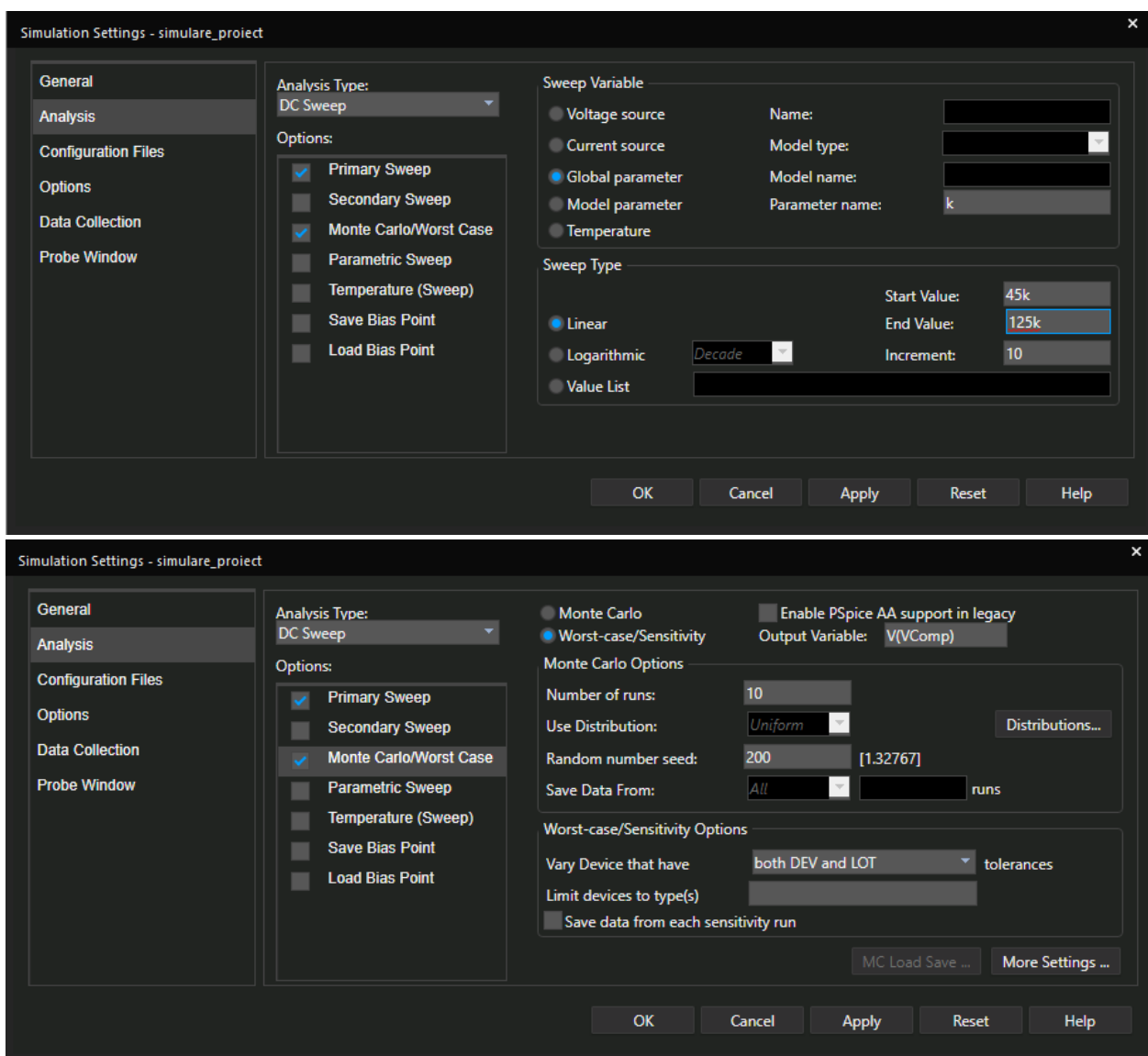


Figura 37. Setarea profilelor de simulare

Am mărit limita superioara a variației senzorului pentru a ne permite citirea variației la ieșirea din comparator.

Aceasta identifică care parametri ai componentelor sunt critici pentru funcționarea circuitului și determină în ce măsură afectează fiecare componentă funcționalitatea și comportarea acestuia – acest lucru este evidențiat în figura 37 și 38.

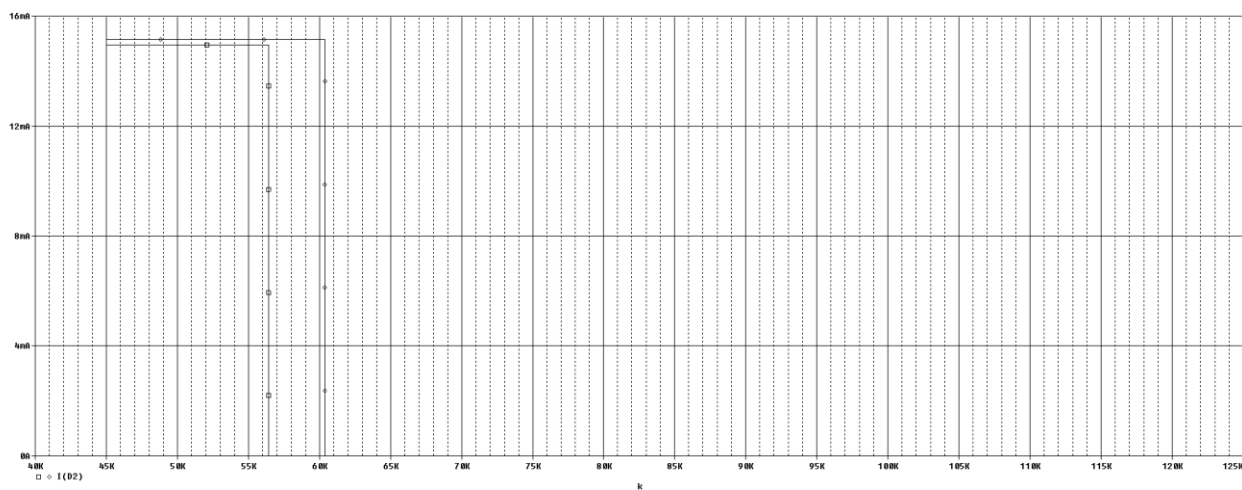


Figura 38. Cel mai defavorabil caz la pragul inferior

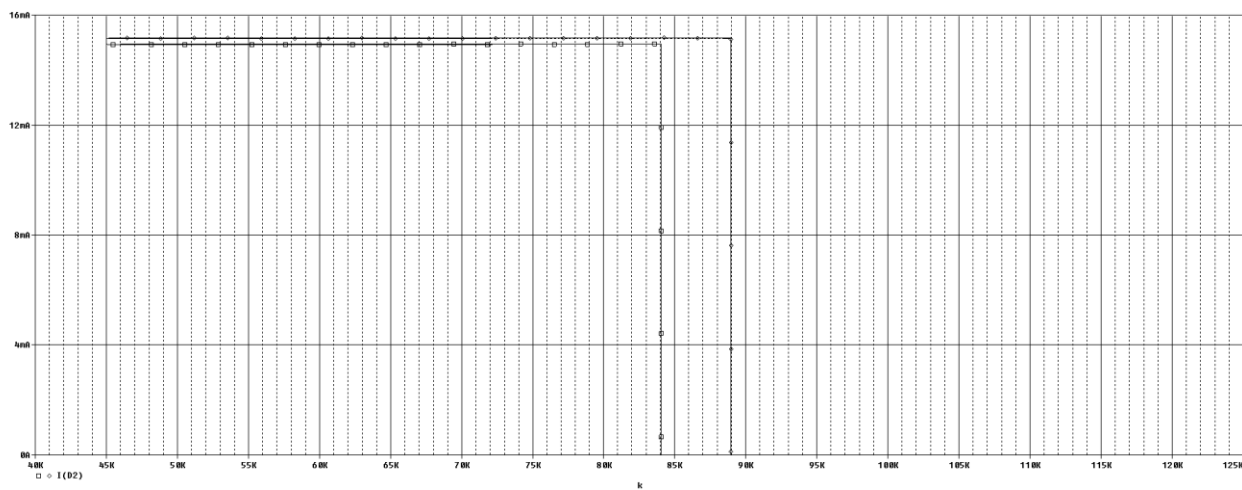


Figura 39. Cel mai defavorabil caz la pragul superior

4.4. Bill of Material

```

1: | Revised: Friday, May 31, 2024
2: | Revision:
3:
4:
5:
6:
7:
8:
9:
10: Bill Of Materials           May 31,2024
11:
12: Item      Quantity    Reference    Part
13:
14:
15: 1      1      G5V-3      165
16: 2      1      M1  2N7000KL
17: 3      1      R_Senzor
18: 4      1      R1  10Meg
19: 5      1      R2  7.5Meg
20: 6      1      R3  100Meg
21: 7      5      R4,R6,R9,R10,R12      1k
22: 8      1      R5  93.1k
23: 9      1      R7  3.01k
24: 10     1      R8  475
25: 11     1      R11 750
26: 12     1      R13 649
27: 13     1      R14 121
28: 14     1      R16 232
29: 15     1      R17 1.1k
30: 16     1      U5  AD8574/AD
31: 17     2      U6,U17 LM324
32: 18     1      U10 TL082

```

Figura 40. Bill of material

Astfel, costul total al proiectului este de 77,05 lei.

Din opțiunea tools-> Bill of Material am configurat in următorul mod simularea.

Bill of Materials [X]

Scope

- ☒ Process entire design
- ☐ Process selection

Mode

- ☒ Use instances (Preferred)
- ☐ Use occurrences

Line Item Definition

Header:
Item\tQuantity\tReference\tPart

Combined property string:
{Item}\t{Quantity}\t{Reference}\t{Value}

☐ Place each part entry on a separate line ☐ Open in Excel

Include File

☐ Merge an include file with report

Combined property string:
{Item}\t{Quantity}\t{Reference}\t{Value}

Include file:
C:\USERS\BOTAA\DESKTOP\NEW FOLDER

Browse...

Report

Report File: ☐ View Output

C:\USERS\BOTAA\DESKTOP\NEW FOLDER\F

Browse...

OK
Cancel
Help

Figura 41. Setarea simulării Bill of material

6. Bibliografie

- [1] [led - Expresie căutată | Componente electronice. Distribuitor și magazin online - Transfer Multisort Elektronik | LED-uri THT rotunde | O gamă largă de elemente și piese electronice ale componentelor / TME](#)
- [2] [Comparator with Hysteresis Reference Design \(ti.com\)](#)
- [3] Lucrări laborator CAD
- [4] Cursuri DE
- [5] [2N7000KL datasheet\(2/4 Pages\) VISHAY | N-Channel 60-V \(D-S\) MOSFET \(alldatasheet.com\)](#)