

Proiect Tehnici CAD

Circuit pentru controlul greutății unui container

Nume: Vasiu Andrei

Grupa:2124

Contents

1. Cerință și specificațiile de proiectare	3
1.1. Specificații de proiectare	3
2. Fundamentare teoretică	3
2.1. Schema bloc	3
2.2. Schema electrică a circuitului proiectat	4
2.3. Senzorul de greutate	4
2.4. Repetorul de tensiune	5
2.5. Convertor de domeniu	6
2.6. Comparator cu histerezis	7
2.7. Modelarea Led-ului Albastru	9
2.8. Releu	10
3. Simulări avansate	11
3.1. Analiza Monte Carlo:	11
3.2. Analiza Worst-Case/Sensitivity	11
3.3. Analiza Parametrică	12
3.4. Analiza de Temperatură	13
3.5. Analiza DC Sweep	14
4. Dimensionarea rezistențelor	14
5. Bibliografie	15

1. Cerință și specificațiile de proiectare

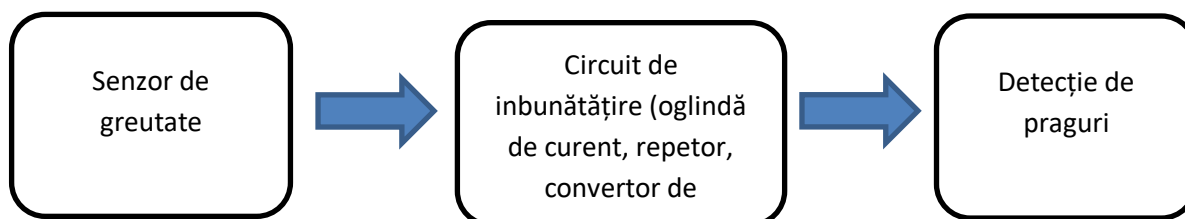
Să se proiecteze un sistem de control al greutății unui container dedicat depozitării cerealelor. Containerul este prevăzut cu un orificiu pentru eliberarea cerealelor pe o bandă rulantă. Știind că senzorul de greutate folosit poate să măsoare greutatea liniar în domeniul specificat în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât greutatea containerului să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de greutate se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu greutatea este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul $[0 \div (V_{cc} - 2V)]$. Greutatea containerului este menținută în domeniul specificat cu ajutorul unei pompe comandată de un comparator și un releu electromagnetic. Ansamblul pompă-releu se va modela cu ajutorul unui rezistor. Starea pompei (pornită/oprită) este semnalizată de un LED, având culoarea specificată în tabel.

1.1. Specificații de proiectare

Domeniul de greutate măsurabil[kg]	Greutatea containerului[kg]	Rezistența senzorului	VCC[V]	Led
15-115	26-70	7k-17k	15	Albastru

2. Fundamentare teoretică

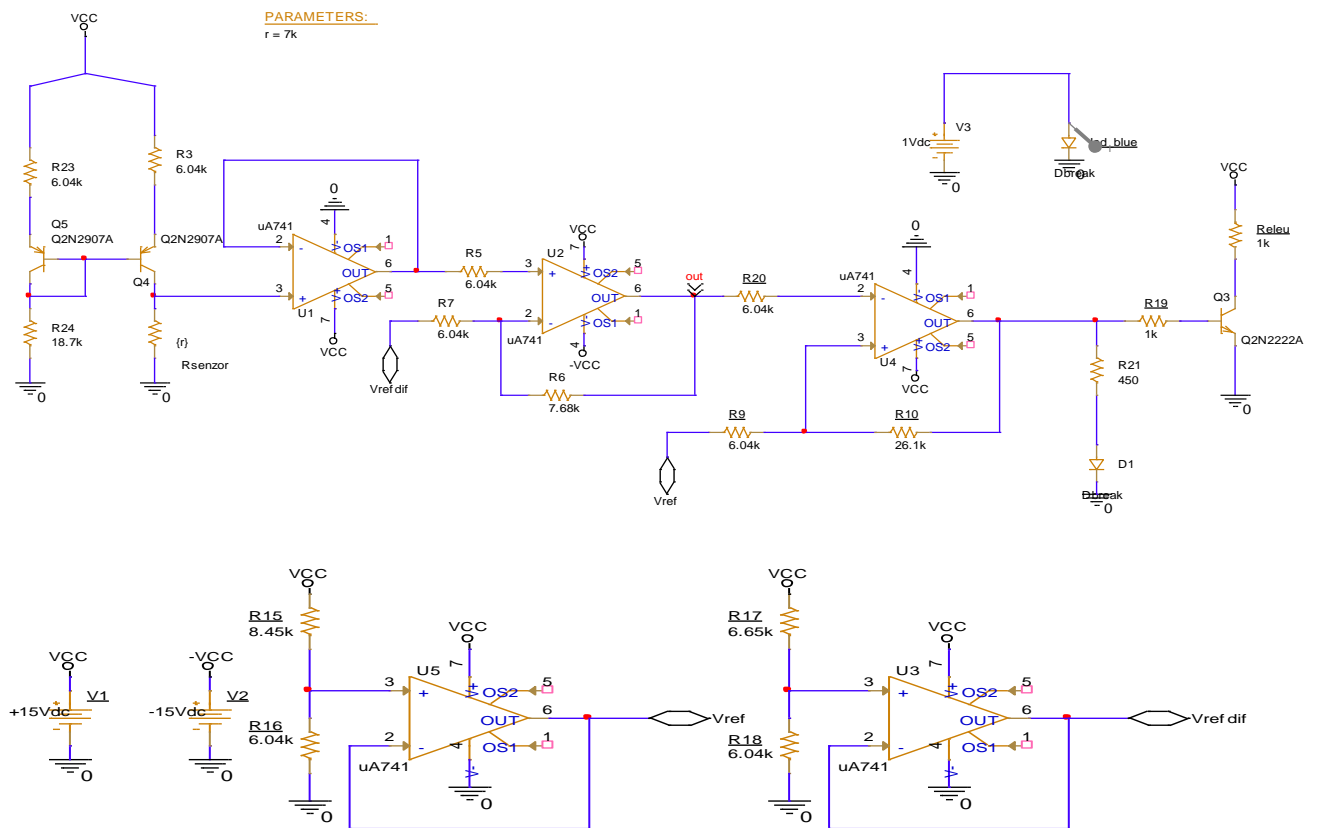
2.1. Schema bloc



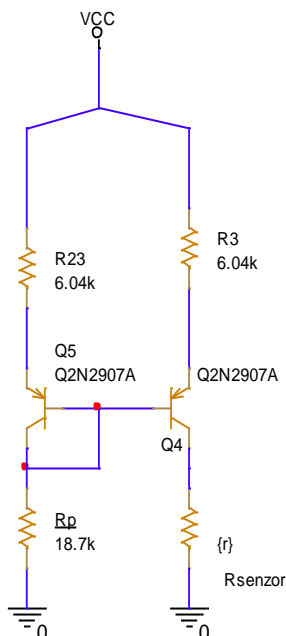
Circuitul descris mai sus este un sistem de control al greutății care utilizează un senzor de greutate, un convertor de domeniu și un comparator pentru a menține controlul într-un container, într-un anumit interval specificat. Utilizarea tranzistoarelor în oglindă, a repetorului și a amplificatorului diferențial îmbunătățește circuitului și stabilitatea semnalului senzorului de greutate, în timp ce comparatorul cu histerezis poate oferi un control mai precis al funcționării containerului.

În general, acest circuit funcționează prin măsurarea continuă a greutății din container și ajustarea funcționării containerului pentru a menține greutatea în intervalul dorit cu mai multă exactitate și stabilitate. Comparatorul asigură că containerul este deschis și închis la momentul potrivit cu o mică întârziere pentru a preveni supra-umplerea sau sub-umplerea containerului.

2.2. Schema electrică a circuitului proiectat



2.3. Senzorul de greutate



În acest circuit, oglinda de curent este utilizată pentru a furniza un curent de referință stabil și precis. Ajută la menținerea unui curent de ieșire constant, indiferent de variațiile altor parametrii.

Am folosit 2 tranzistoare pnp identice, ceea ce duce la o tensiune bază-emitor egală pentru ambele tranzistoare. Totodată și curentul este egal prin cele 2 tranzistoare.

$$I \times R_{max} < VCC - 2V \text{ de unde rezultă că } I < 0.76\mu A$$

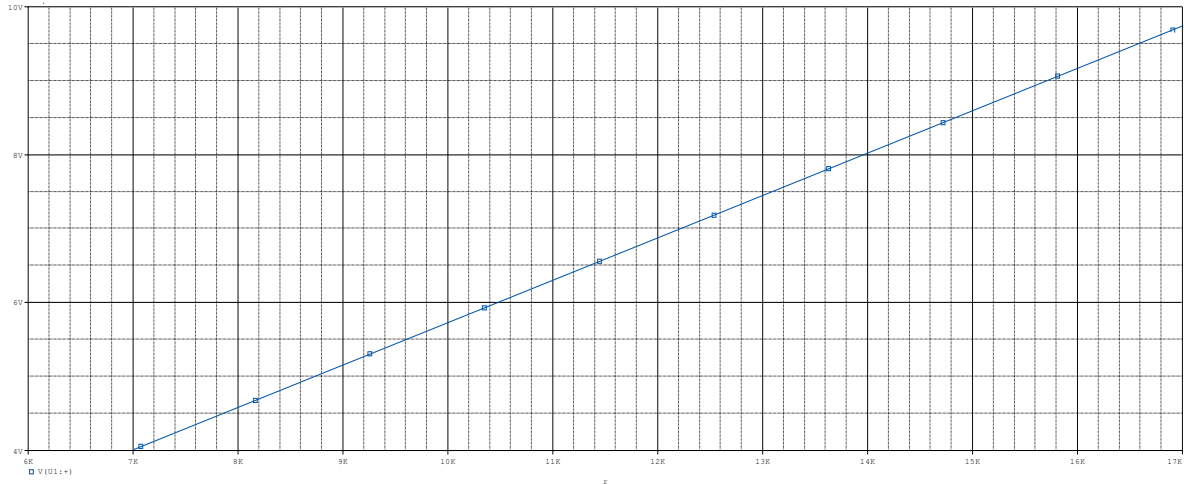
Rezistența R_p o vom calcula precum ecuația de mai jos:

$$R_p = \frac{VCC - V_{BE}}{I} \rightarrow R_p = 18.7k \text{ (toleranță 1\%)}$$

Rezistențele R_{23} și R_3 au fost alese astfel încât circuitul să ne ofere curentul și tensiunea dorită.

Oglinda de curent este o componentă cheie a acestui circuit, deoarece asigură că curentul de ieșire este proporțional cu greutatea detectată. Acesta realizează acest lucru prin oglindirea curentului de referință folosind o combinație de tranzistori și rezistențe.

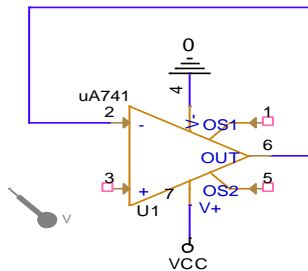
În urma unei analize DC Sweep putem observa:



Tensiunea maxima a senzorului: $V_{senzormax} = VCC - R_s \times I_s \leftrightarrow V_{senzormax} = 9.7V$

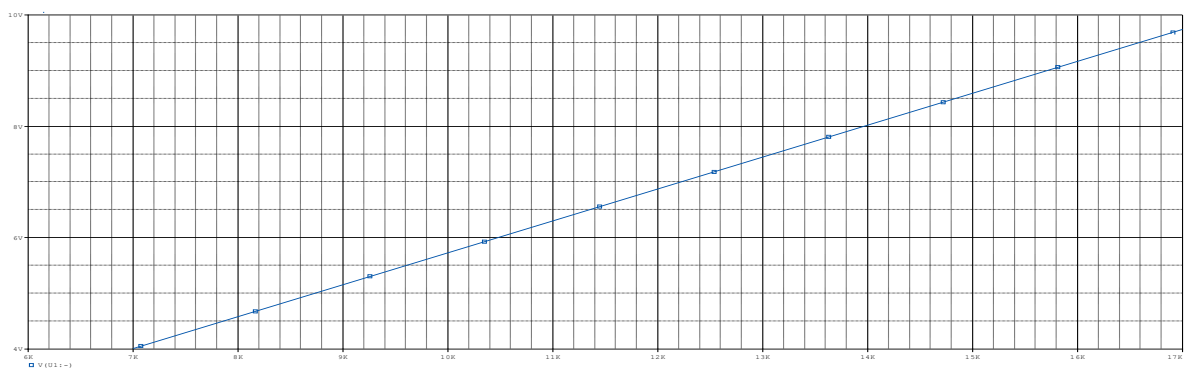
Putem observa pe grafic că tensiunea maximă este de aproximativ 9,7V.

2.4. Repetorul de tensiune

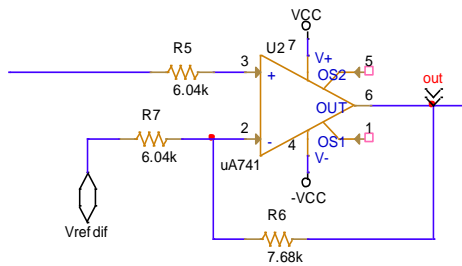


Un repetor într-un circuit electric este un dispozitiv folosit pentru a extinde distanța de transmisie a semnalelor electrice sau pentru a amplifica semnalele slabe, astfel încât să poată fi transmise mai departe fără deteriorare sau pierderi semnificative. Funcția principală a unui repetor este de a prelua semnalul de la sursă și de a-l regenera, amplifica sau extinde înainte de a-l transmite mai departe.

În urma analizei DC Sweep putem observa că nu există pierderi.



2.5. Convertor de domeniu



Acest circuit inversor este un convertor de domeniu de tensiune, având rolul de a extinde domeniul de variație al tensiunii de la ieșirea senzorului. Extinderea se obține prin amplificarea diferenței dintre tensiunea la intrarea în amplificator și Vrefdif.

Pentru o bună acuratețe a circuitului $R5 = R7$, iar valoarea lor am menținut-o pe cea de la oglinda de curent.

$$V_{out} \in [0, (VCC - 2)]$$

Iar rezistența R6 o vom calcula din sistemul urmator:

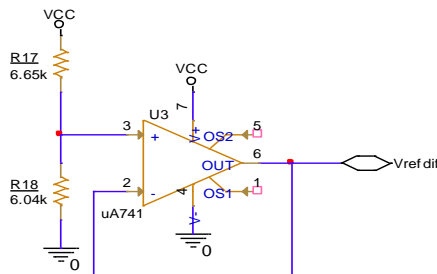
$$V_{senzormin} = \frac{R6}{R6 + R7} \times V_{refdif} + \frac{R7}{R7 + R6} \times V_{outmin}$$

$$V_{senzormax} = \frac{R6}{R6 + R7} \times V_{refdif} + \frac{R7}{R7 + R6} \times V_{outmax}$$

Facem un sistem din aceste ecuații pentru a dimensiona rezistențele amplificatorului:

$$\text{In urma acestui sistem rezultă: } \frac{R6}{R6 + R7} \times V_{outmax} = V_{senzormax} - V_{senzormin}$$

$$\Leftrightarrow R7 = R5 = 6.04k, \text{ iar } R6 = 7.68k \text{ (1\% toleranță)}$$



La convertorul de domeniu, avem nevoie de un repetor de tensiune, precum acesta, pentru a putea face extinderea de domeniu din amplificator și pentru a nu avea pierderi.

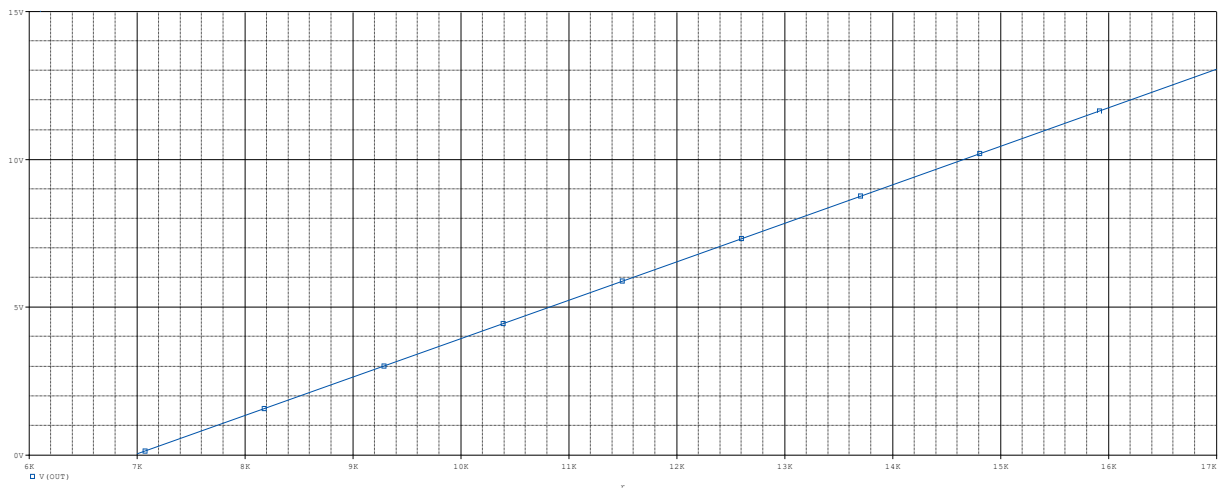
Pentru a afla tensiunea de referință vom folosi formula următoare:

$$\frac{R18}{R18 + R17} \times V_{refdif} = V_{senzormin} \quad \Leftrightarrow V_{refdif} = 7.14V$$

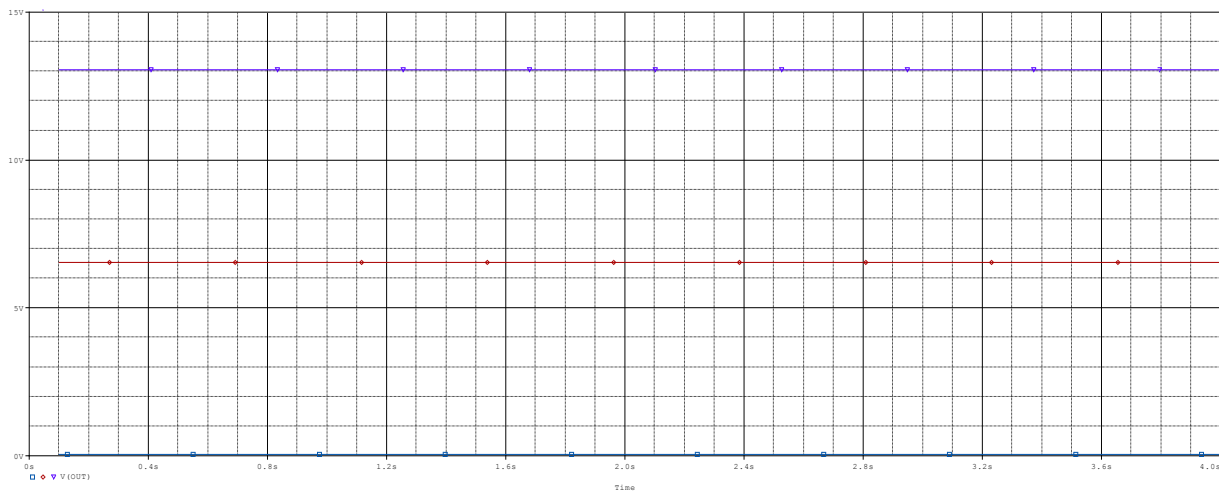
Vom afla valoarea rezistențelor:

$$\frac{R18}{R18 + R17} \times VCC = V_{refdif} \quad \Leftrightarrow R18 = 6.04k, \text{ iar } R17 = 6.60k \text{ (1\% toleranță)}$$

In urma analizei DC Sweep se poate observa că îndeplinește condiția: $V_{out} \in [0, (VCC - 2)]$



Am făcut o analiza Time Domain pentru a vedea cum fluctuează tensiunea de la ieșire V(out)

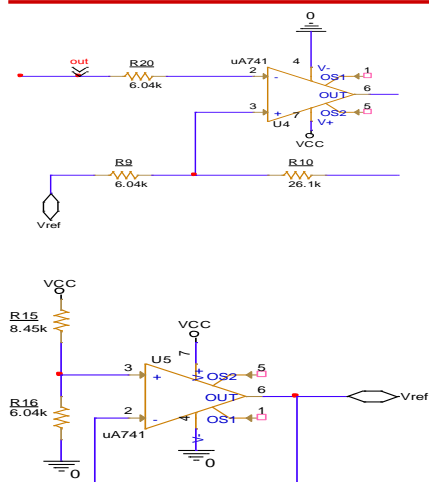


Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2	Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)	0.000			
	X Values	100.000m	100.000m	0.000	Y1 - Y1(Cursor1)	Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
CURSOR 1,2	V(OUT)	37.577m	37.577m	0.000	0.000	0.000	37.577m	37.577m	37.577m
	V(OUT)	6.5428	6.5428	0.000	6.5052	6.5052	6.5428	6.5428	6.5428
	V(OUT)	13.043	13.043	0.000	13.006	13.006	13.043	13.043	13.043

După cum se poate observa avem un V(out) maxim de 13.043V si un V(out) minim de 37.577mV ceea ce înseamnă că avem un parcurs bun al circuitului nostru.

2.6. Comparator cu histerezis

Am folosit un comparator inversor cu reacție pozitivă. Greutatea din container este menținută cu ajutorul comparatorului atașat mai jos.



Pentru dimensionarea comparatorului cu histerezis avem nevoie de pragurile la care acesta trebuie sa comute. Pentru a afla valorile acestora am calculat corespondentul greutatei in tensiune folosind regula de trei simpla si variația tensiunii.

13.043 115Kg

x 70Kg

13.043 115Kg

x 45Kg

VPH = 7.93V

VPL = 5.10V

Facem un sistem din aceste ecuații pentru a dimensiona rezistențele comparatorului:

$$V_{PH} = \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \times V_{ref} + \frac{R_9}{R_9 + R_{10}} \times V_{outmax}$$

$$V_{PL} = \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}} \times V_{ref} + \frac{R_9}{R_9 + R_{10}} \times V_{outmin}$$

Alegem $R_9 = R_{20} = 6.04k$ (1% toleranță). Din sistemul de mai sus va rezulta:

$$2.83 = \frac{6.04k}{6.04k + R_{10}} \times 15.043V \leftrightarrow R_{10} = 26.1k \text{ (1% toleranță)}$$

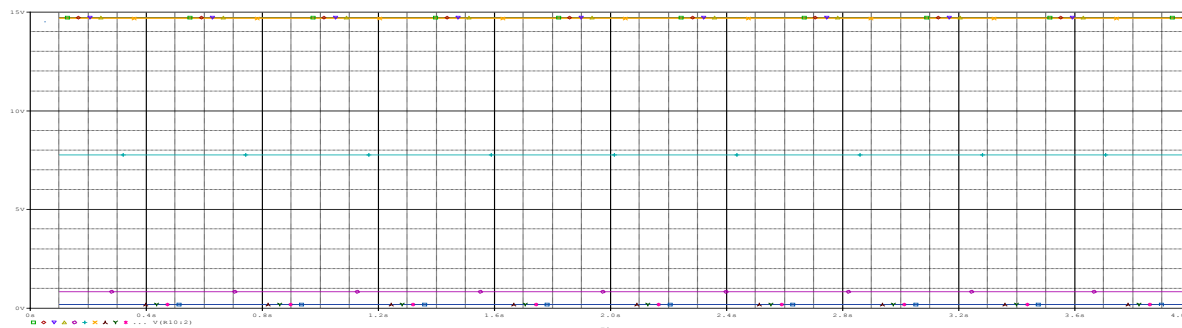
Tensiunea de referință va fi aflată din a doua ecuație a sistemului :

$$5.10V = \frac{26.1k}{6.04k + 26.1k} \times V_{ref} \leftrightarrow V_{ref} = 6.29V$$

Iar rezistențele vor fi dimensionate in felul următor: $R_{16} = 6.04k$ (1% toleranță)

$$6.29V = \frac{6.04k}{R_{15} + 6.04k} \times 15V \leftrightarrow R_{15} = 8.45k \text{ (1% toleranță)}$$

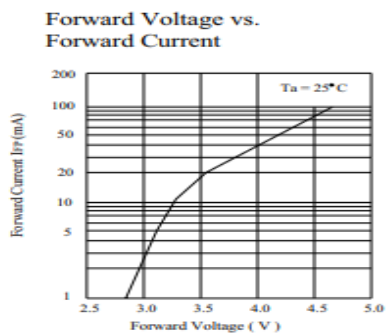
In urma unei analize Time Domain:



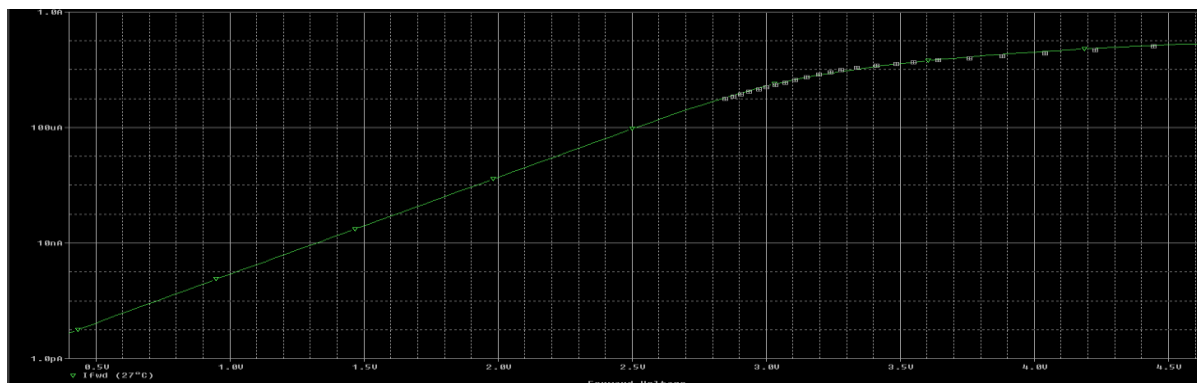
	Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2		Y1(Cursor1) - Y2(Cursor2)	0.000		
		X Values	100.000m	100.000m	0.000		Y1 - Y1(Cursor1) Y2 - Y2(Cursor2)	Max Y	Min Y	Avg Y
	CURSOR 1,2	V(R10:2)	14.733	14.733	0.000		0.000 0.000	14.733	14.733	14.733
		V(R10:2)	7.7588	7.7588	0.000		-6.9744 -6.9744	7.7588	7.7588	7.7588
		V(R10:2)	183.856m	183.856m	0.000		-14.549 -14.549	183.856m	183.856m	183.856m
		V(OUT)	30.417m	30.417m	0.000		-14.703 -14.703	30.417m	30.417m	30.417m

2.7. Modelarea Led-ului Albastru

Starea containerului este semnalizată de un LED. Din fișa de catalog a LED-ului albastru am extras tensiunea și curentul prin LED.

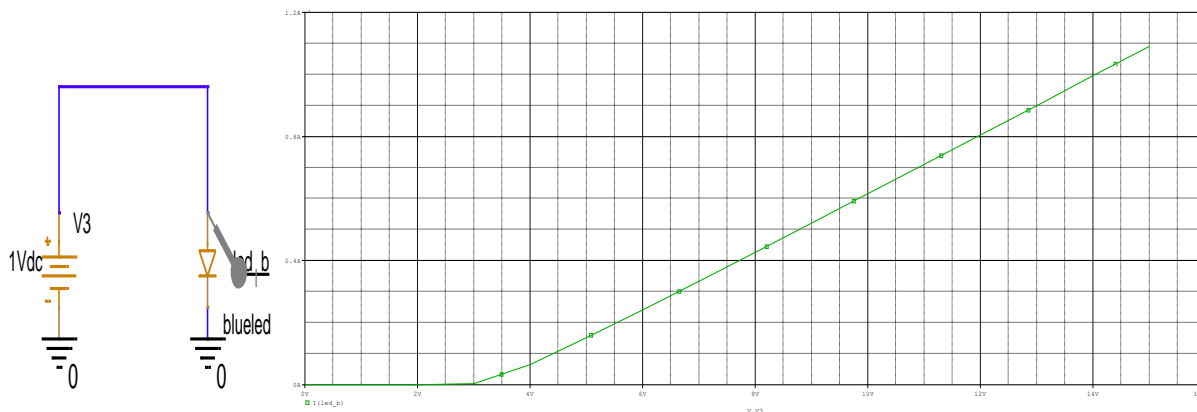


#	Vfwd	Ifwd	#	Vfwd	Ifwd
1	2.8465	0.0010302	9	3.1077	0.0046089
2	2.8785	0.0012439	10	3.1503	0.0057331
3	2.9051	0.0014872	11	3.1983	0.0072028
4	2.9371	0.0017957	12	3.2409	0.008697
5	2.9744	0.0021899	13	3.2783	0.010295
6	3.0011	0.002618	14	3.3369	0.011947
7	3.033	0.0030685	15	3.4115	0.014283
8	3.0704	0.003705	16	3.4861	0.016907

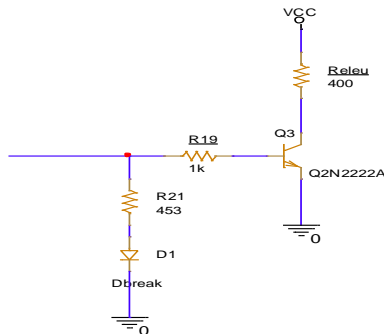


```
*DEVICE=BlueLed,D
* BlueLed D model
* updated using Model Editor release 22.1.0 on 07/03/23 at 01:38
* The Model Editor is a PSpice product.
.MODEL BlueLed D
+ IS=361.36E-15
+ N=4.9993
+ RS=11.023
```

Am folosit o diodă de test pentru a putea vedea dacă dioda se deschide la 2.7V.



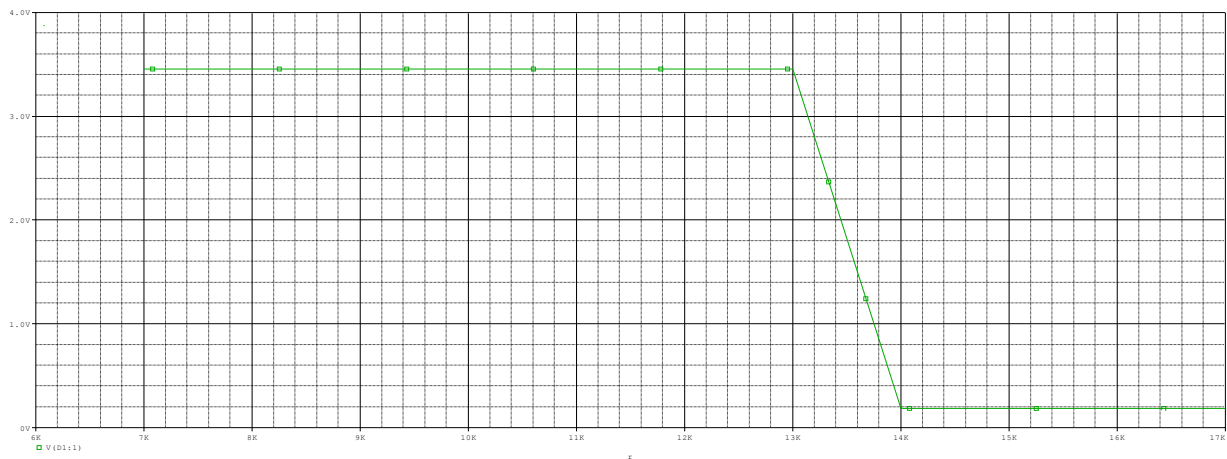
2.8. Releu



Releul este un dispozitiv electronic utilizat pentru a controla și a comuta un circuit electronic. În acest caz releul este utilizat să întrerupă sau să permită trecerea curentului în funcție de greutatea detectată de senzor. Dacă greutatea nu se află în intervalul dorit releul poate să închidă circuitul.

Conform graficului: $R21 = \frac{VCC-3.5}{I_f} \leftrightarrow R21 = 453 \text{ Ohm}$

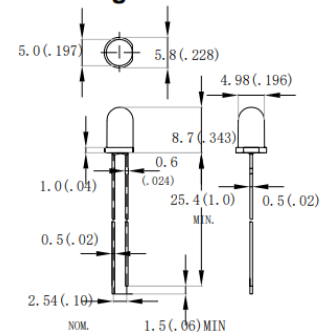
Analiza DC Sweep pentru dioda albastră:



Absolute Maximum Ratings at Ta=25°C

Parameter	MAX.	Unit
Power Dissipation	100	mW
Peak Forward Current (≤ 1/10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Wide)	100	mA
Continuous Forward Current	20	mA
Derating Linear From 50°C	0.4	mA/°C
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-40°C to +80°C	
Storage Temperature Range	-40°C to +80°C	
Lead Soldering Temperature [4mm(.157") From Body]	260°C for 3 Seconds	

Package Dimensions

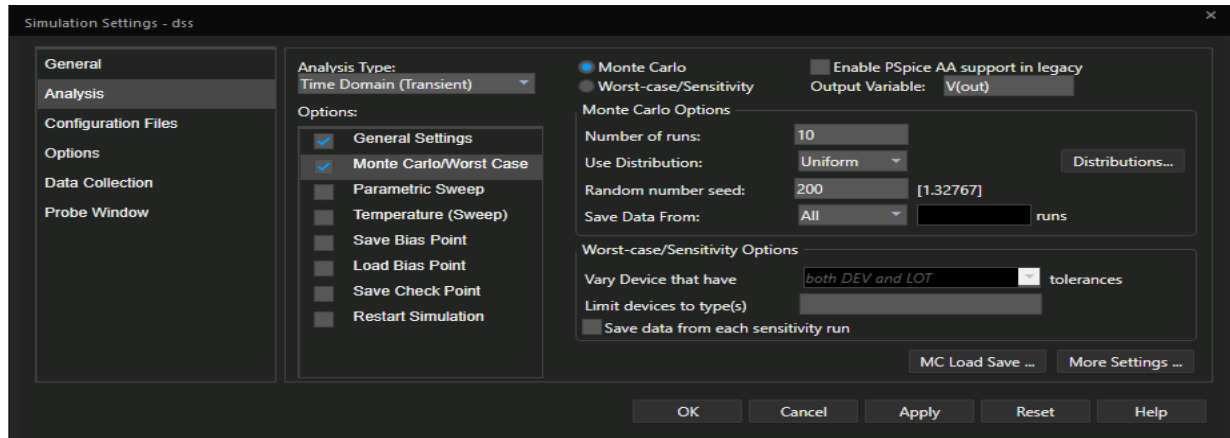


Electrical Optical Characteristics at Ta=25°C

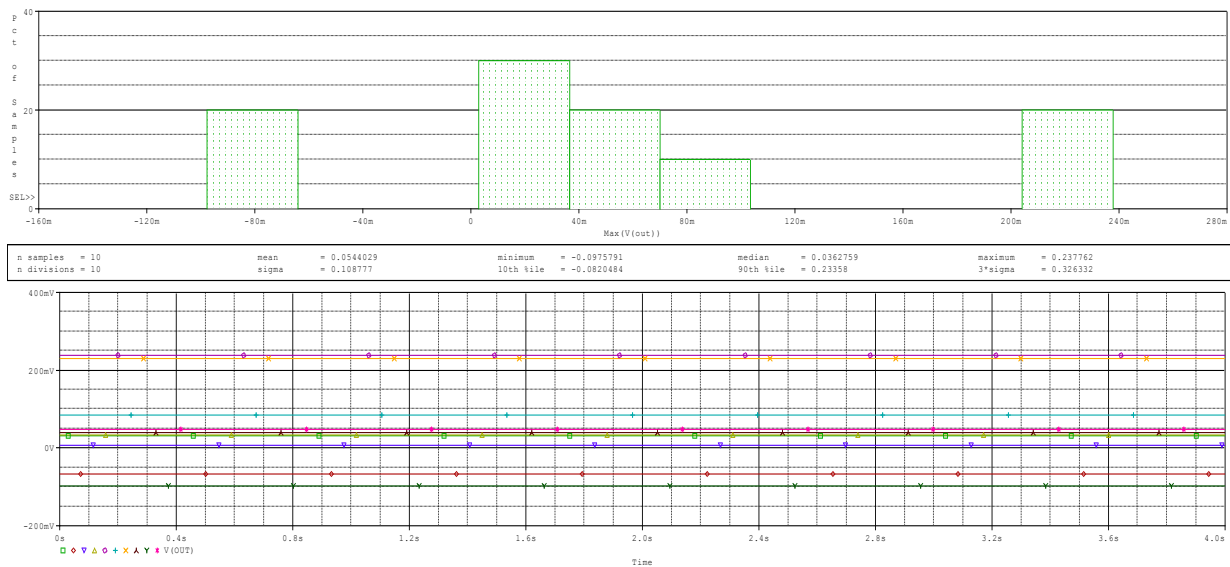
Part Number	Lens color	Source Color	Dominant Wavelength λ_d / nm $I_F = 20\text{mA}$ (Note 8)			Luminous Intensity I_v / mcd $I_F = 20\text{mA}$ (Note 5)			Forward Voltage / V $I_F = 20\text{mA}$			Viewing Angle / Deg (Note 6)
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
WW05A3SBQ4-N	Water Clear	Blue	465	---	475	4900	6300	---	---	3.2	4.0	15°
Reverse Voltage = 5V						Reverse Current = 50μA						

3. Simulări avansate

3.1. Analiza Monte Carlo:

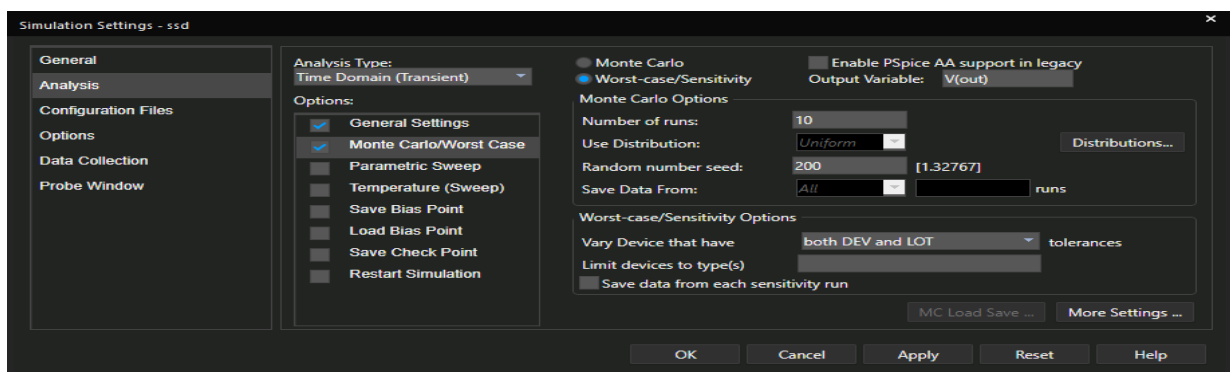


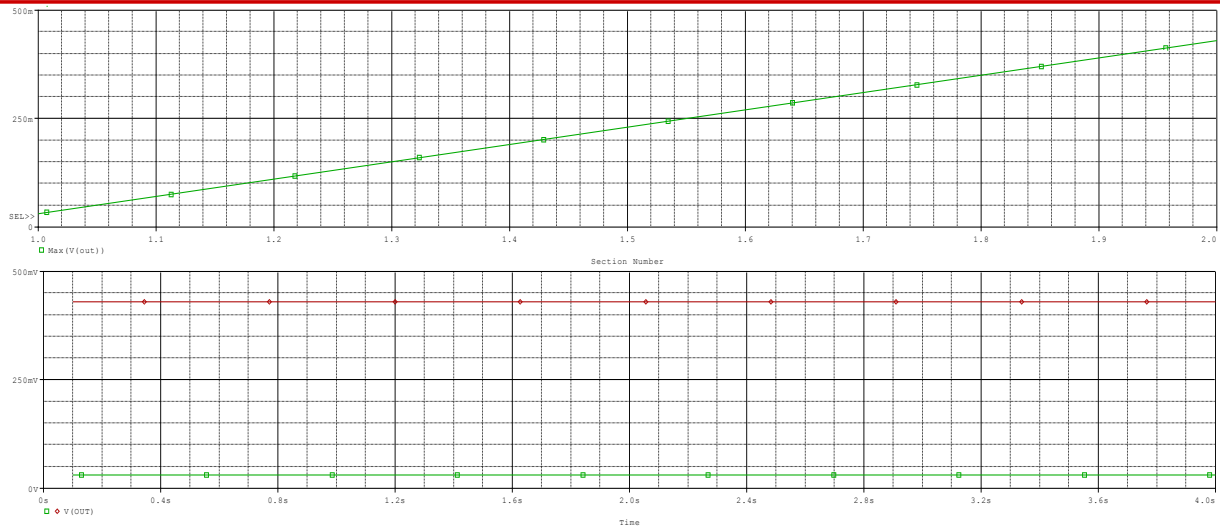
Analiza Monte-Carlo determină, statistic, comportarea circuitului atunci când valorile componentelor sunt modificate în domeniul lor de toleranță.



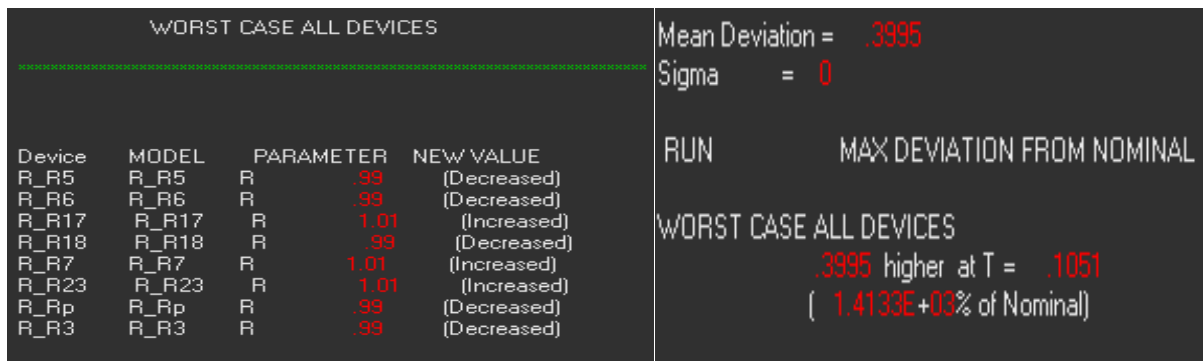
3.2. Analiza Worst-Case/Sensitivity

Acest tip de analiză variază doar un parametru într-o rulare. După ce se cunosc toate sensibilitățile, simularea este rulată încă o dată variind toți parametrii pentru a determina cazul cel mai defavorabil.



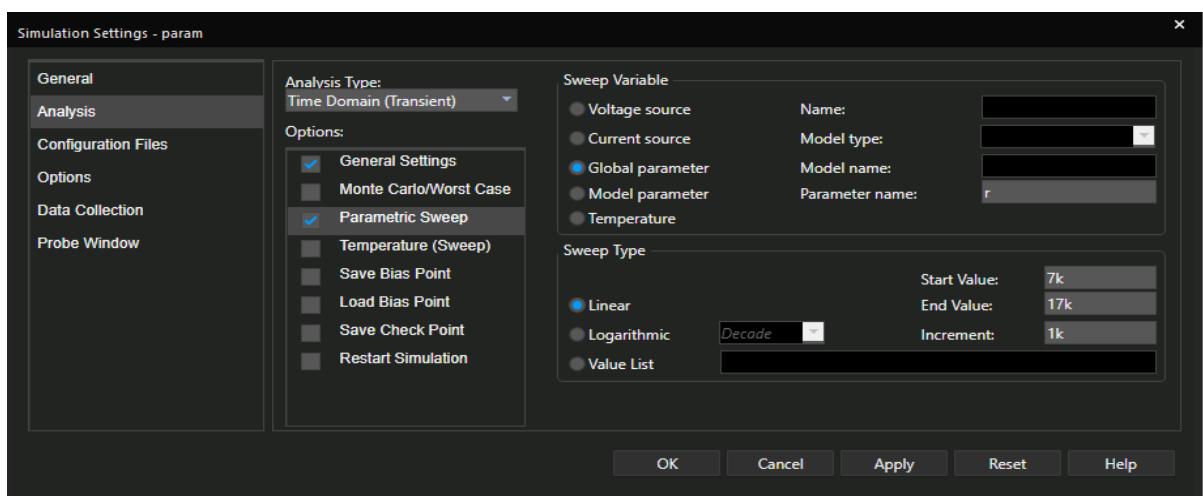


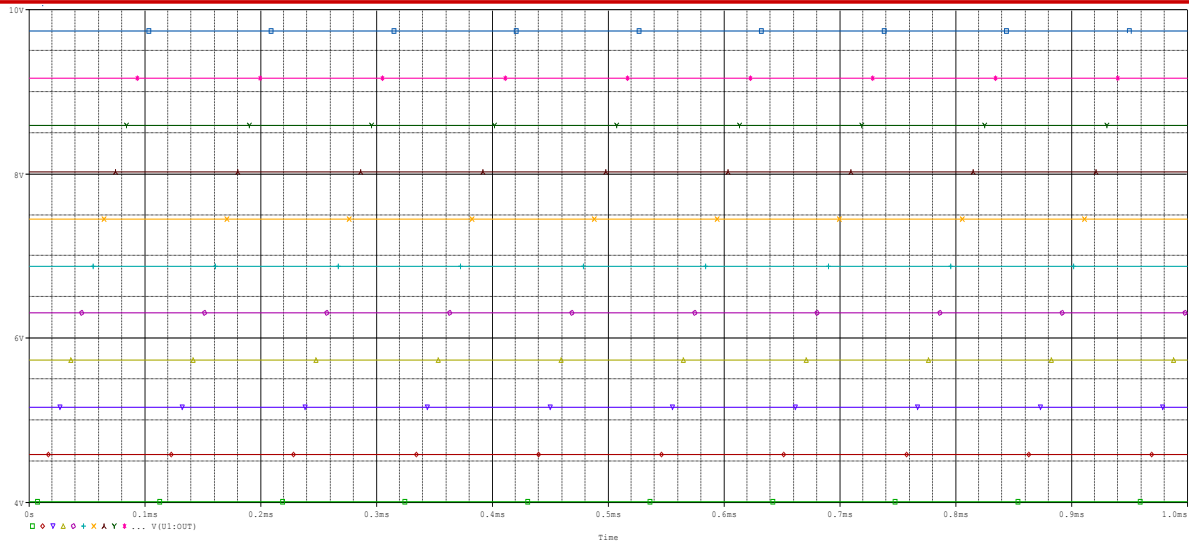
Forma de undă de culoare roșie reprezintă cazul cel mai defavorabil, iar cea de culoare verde denotă cazul nominal.



3.3. Analiza Parametrică

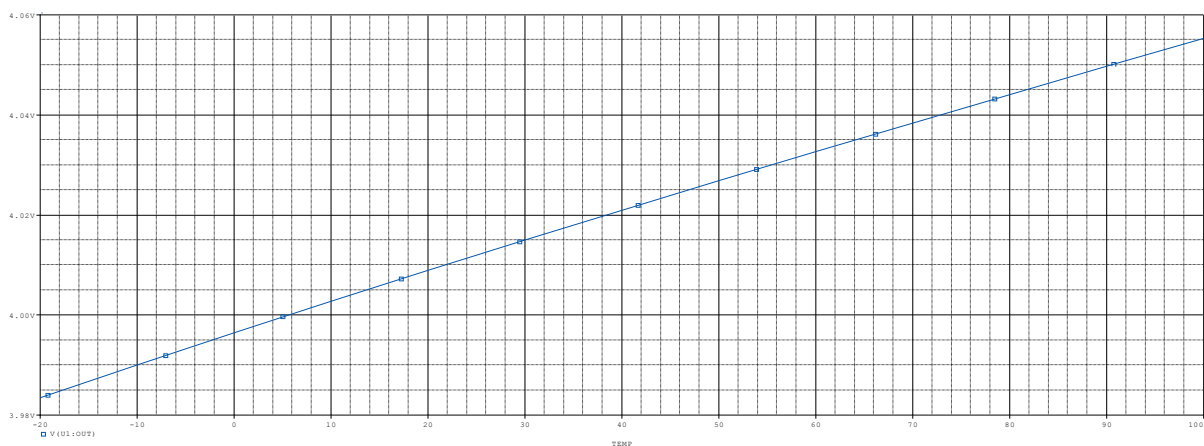
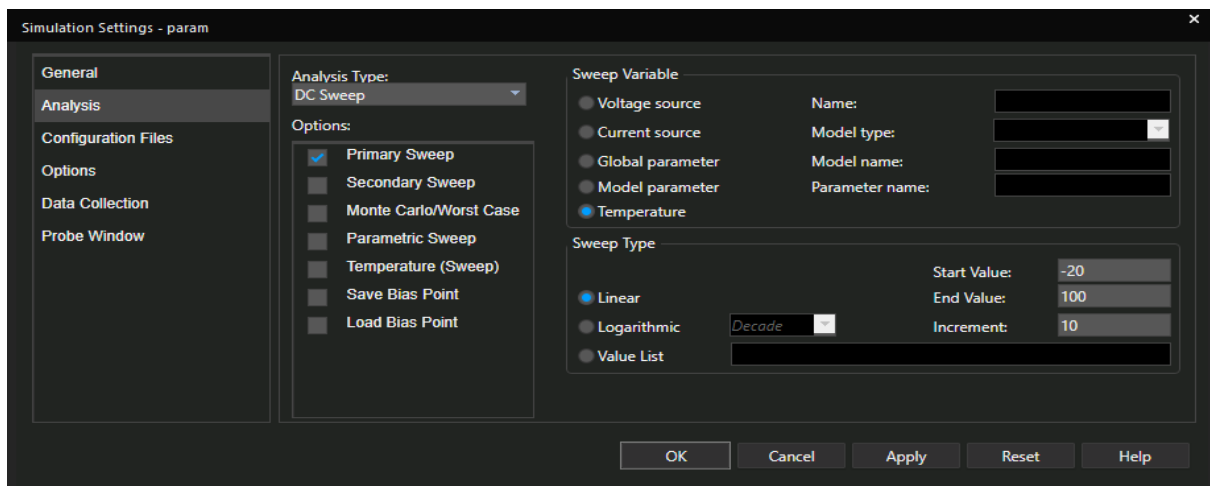
Acest tip de analiză realizează iterații multiple ale aceleiași analize standard în timp ce se baleiază parametrul global “r”. Efectul este același ca și când s-ar rula analiza de mai multe ori, o dată pentru fiecare valoare a variabilei “r”.



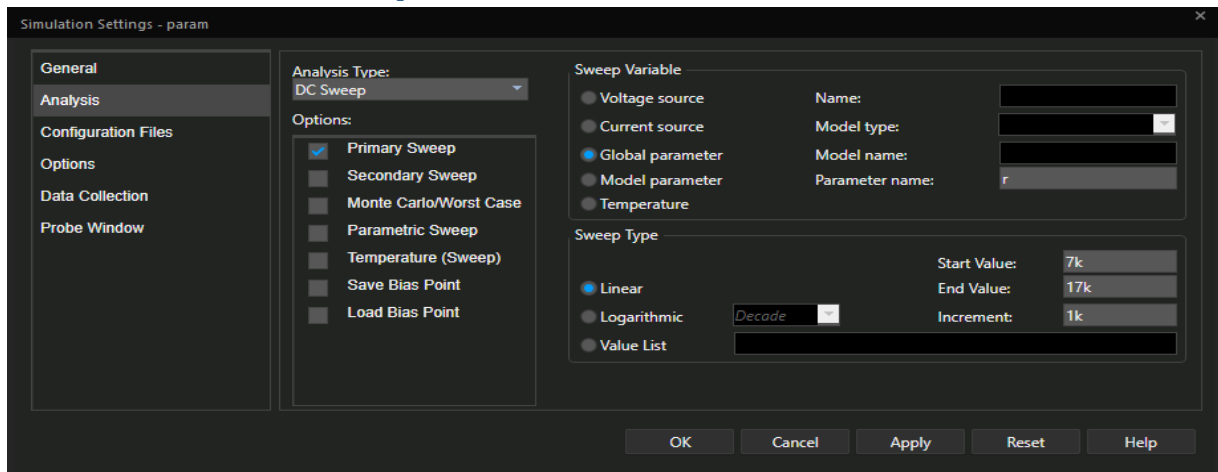


3.4. Analiza de Temperatură

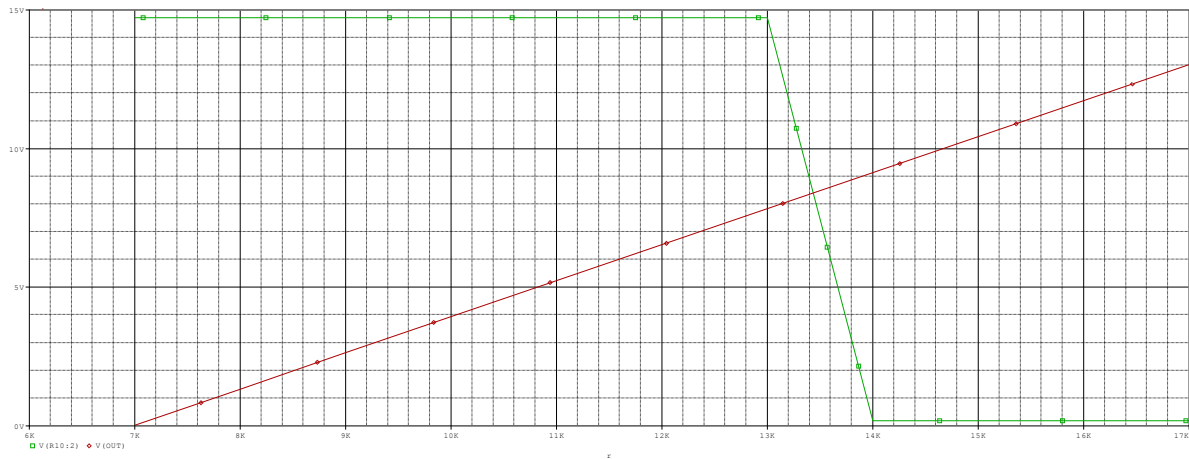
Analiza de temperatură se referă la evaluarea modului în care temperatura influențează performanța componentelor și a circuitului în ansamblu. Această analiză este utilă pentru a identifica zonele critice din punct de vedere termic, unde temperaturile ridicate pot duce la degradarea componentelor sau la pierderea performanței.



3.5. Analiza DC Sweep



Am făcut o simulare pentru a putea vedea pragurile noastre la comparator.



4. Dimensionarea rezistențelor

Toate rezistențele folosite in circuit au fost dimensionate cu o toleranță de 1% (E96).

1% Resistor Table (E96)											
100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232
237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309
316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549
562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732
750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976
Standard Values:											

5. Bibliografie

Curs „Dispozitive electronice” - Ș.I.dr.ing. Emilia Șipoș:

<http://www.bel.utcluj.ro/dce/didactic/de/>

Valorile standardizate ale rezistențelor:

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

Foaie de catalog LED:

<https://descargas.cetronic.es/WW05A3SBQ4-N.pdf>

Foaie de catalog amplificator operațional:

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

Nume: VasIU Andrei

Grupa:2124