

**Universitatea Tehnică din Cluj-
Napoca**

**Facultatea de Electronică,
Telecomunicații și Tehnologia
Informației**

Circuit pentru controlul presiunii într-o cameră hiperbară

Profesor coordonator: - Prof.Dr.Ing. Ovidiu Aurel POP

Student: Zegreanu Paul Cristian

Grupa: 2125

Anul: 2

CUPRINS

CERINȚA.....	04
DATE DE PROIECTARE.....	04
SCHEMA BLOC A CIRCUITULUI.....	04
SCHEMA ELECTRICĂ A CIRCUITULUI.....	04
FUNDAMENTARE TEORETICĂ.....	05
1.POLARIZAREA SEZORULUI DE PRESIUNE.....	05
2.MODELAREA UNUI LED.....	07
BREVIAR DE CALCUL.....	10
1.DIMENSIONAREA REZISTENȚELOR.....	10
a.REZISTENȚE OGLINDA DE CURENT.....	10
b.REZISTENȚE AO DIFERENȚIAL.....	11
c.REZISTENȚE COMPARATOR CU RP.....	12
d.REZISTENȚĂ RELEU.....	13
2.COMPONENTELE UTILIZATE.....	13
TESTAREA CIRCUITULUI.....	22
1.SIMULARE SENZOR.....	14
2.SIMULARE AO DIFERENȚIAL	15
3.SIMULARE COMPARATOR	16
4.SIMULARE DIODA.....	17
7.ALTE SIMULĂRI/ANALIZE.....	18
BIBLIOGRAFIE.....	24

Cerință:

Să se proiecteze un sistem de control al presiunii într-într-o cameră hiperbară. Știind că senzorul de presiune folosit poate să măsoare presiunea liniar în domeniul 1210-1590 [mBar], sistemul se va proiecta astfel încât presiunea din camera hiperbară să se mențină în intervalul 1310-1490 [mBar]. Senzorul de presiune se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu presiunea este 3k-13k [Ohmi] și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul [0 – (12-2V)]. 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 având culoarea albastră.

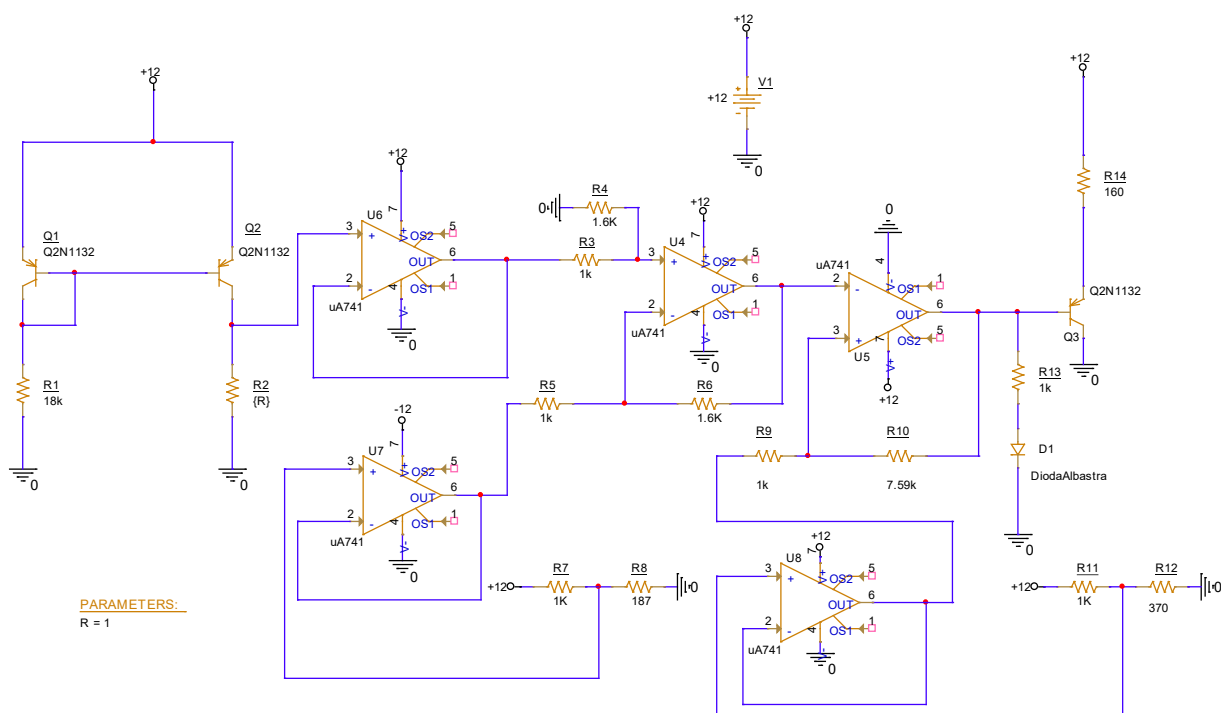
Date de proiectare:

Domeniul de presiune măsurabil [mBar]	1210-1590
Presiunea în camera hiperbara [mBar]	1310-1490
Rezistența senzorului [Ω]	3k - 13k
VCC [V]	12
Culoare LED de semnalizare	albastru

Schema bloc a circuitului:



Schema electrică a circuitului:



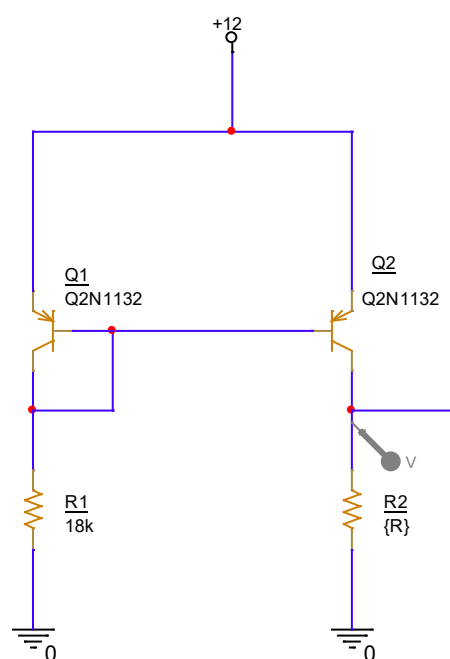
Fundamentare Teoretică:

Un senzor de presiune este un dispozitiv electronic utilizat pentru a măsura și monitoriza presiunea într-un mediu dat. În acest caz, senzorul de presiune este utilizat pentru a măsura presiunea într-o cameră hiperbară.

Prin utilizarea acestui senzor, sistemul de control poate detecta variațiile de presiune din camera hiperbară și poate acționa în consecință pentru a menține presiunea într-un anumit interval specificat (în acest caz, intervalul 1310-1490 mBar).

1.1 Polarizarea senzorului de presiune:

Pentru analiza caracteristica a senzorului vom polariza senzorul și vom face o analiza parametrică în care variem rezistența senzorului de la 3k la 13k Ohmi.



PARAMETERS:

R = 1

	A
	SCHEMATIC1 : PAGE1
Color	Default
Designator	
DIST	
Graphic	PARAM.Normal
ID	
Implementation	
Implementation Path	
Implementation Type	PSpice Model
Location X-Coordinate	54
Location Y-Coordinate	509
MAX_TEMP	
Name	INS3022
Part Reference	1
PCB Footprint	
POWER	
Power Pins Visible	
Primitive	DEFAULT
PSpice Model Type	0011
PSpiceTemplate	
Reference	1
SLOPE	
Source Library	C:\CADENCE\SPB_22.1
Source Package	PARAM
Source Part	PARAM.Normal
TC1	
TC2	
TOLERANCE	
Value	PARAM
VOLTAGE	
PSpiceOnly	TRUE
R	1

	A
	SCHEMATIC1 : PAGE1
Color	Default
Designator	
DIST	FLAT
Graphic	R.Normal
ID	
Implementation	
Implementation Path	
Implementation Type	<none>
Location X-Coordinate	160
Location Y-Coordinate	340
MAX_TEMP	RTMAX
Name	INS11598
Part Reference	R2
PCB Footprint	AXRC05
POWER	RMAX
Power Pins Visible	
Primitive	DEFAULT
PSpice Model Type	0011
PSpiceTemplate	R*@REFDES %1 %2 ?TOL
Reference	R2
SLOPE	RSMAX
Source Library	C:\CADENCE\SPB_22.1
Source Package	R
Source Part	R.Normal
TC1	0
TC2	0
TOLERANCE	0.5%
Value	{R}
VOLTAGE	RVMAX

Simulation Settings - s1

General

Analysis

Configuration Files

Options

Data Collection

Probe Window

Analysis Type: DC Sweep

Options:

- ☒ Primary Sweep
- ☐ Secondary Sweep
- ☐ Monte Carlo/Worst Case
- ☐ Parametric Sweep
- ☐ Temperature (Sweep)
- ☐ Save Bias Point
- ☐ Load Bias Point

Sweep Variable

- ☐ Voltage source
- ☐ Current source
- ☒ Global parameter
- ☐ Model parameter
- ☐ Temperature

Name: V1

Model type: [v]

Model name:

Parameter name: R

Sweep Type

- ☒ Linear
- ☐ Logarithmic
- ☐ Value List

Decade [v]

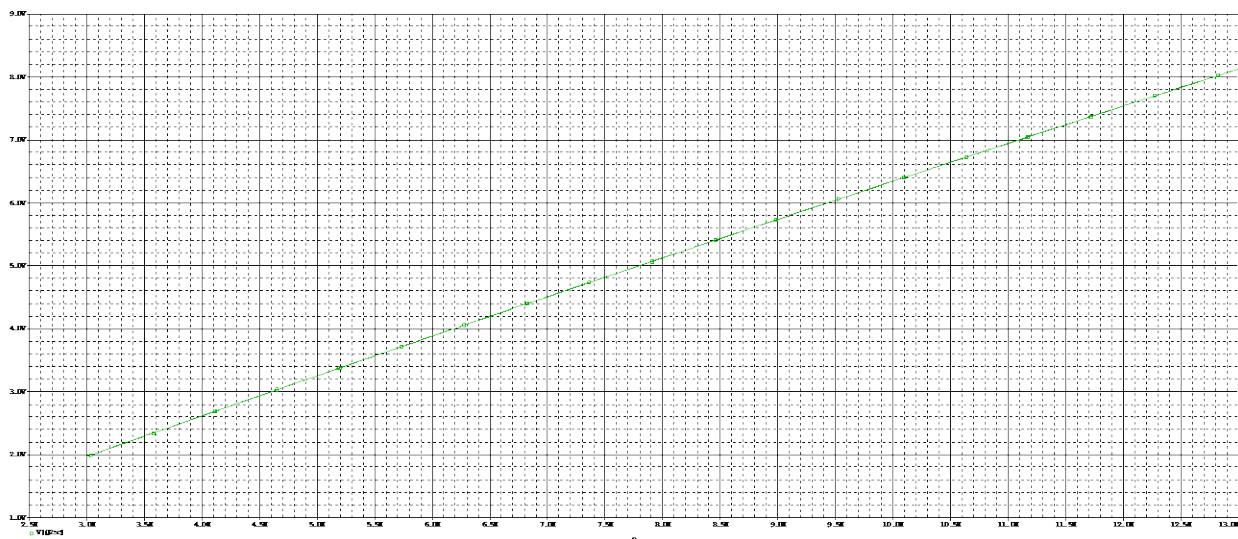
Start Value: 3K

End Value: 13K

Increment: 1

1

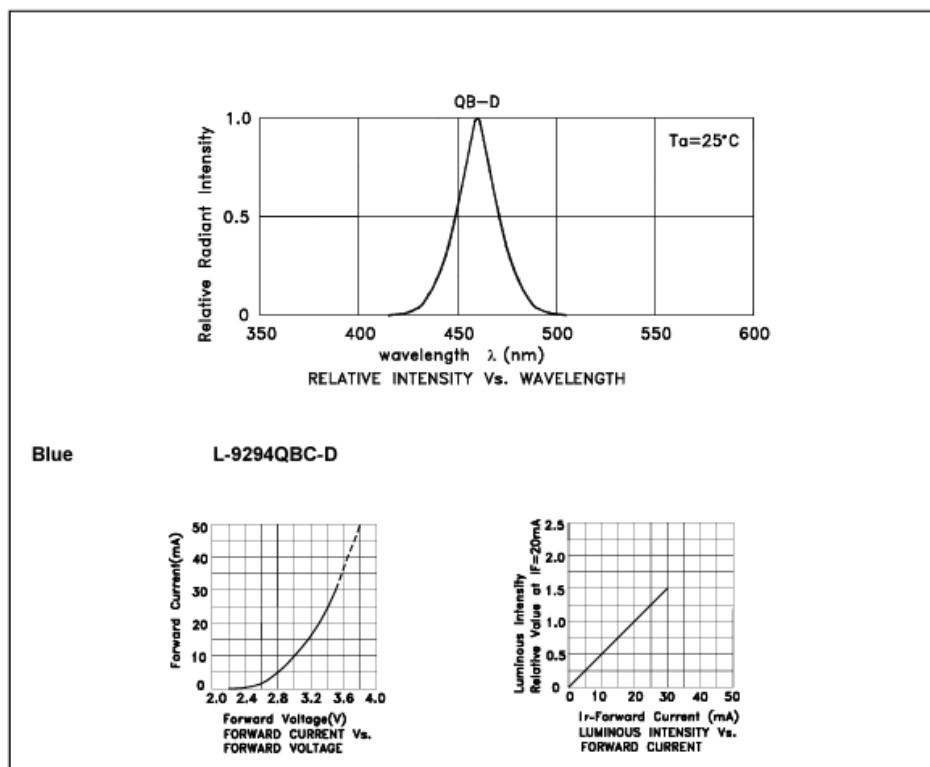
OK Cancel Apply Reset Help



1.2 Modelarea unui LED:

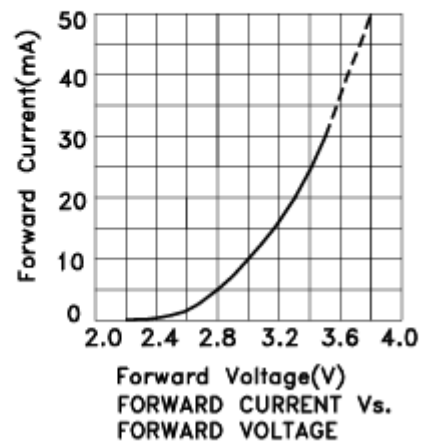
Pentru modelarea Ledului ne vom folosi de aplicația PSpice Model Editor. Vom lua datele pentru Ledul albastru dintr-o foaie de catalog de pe internet.

Kingbright



Blue

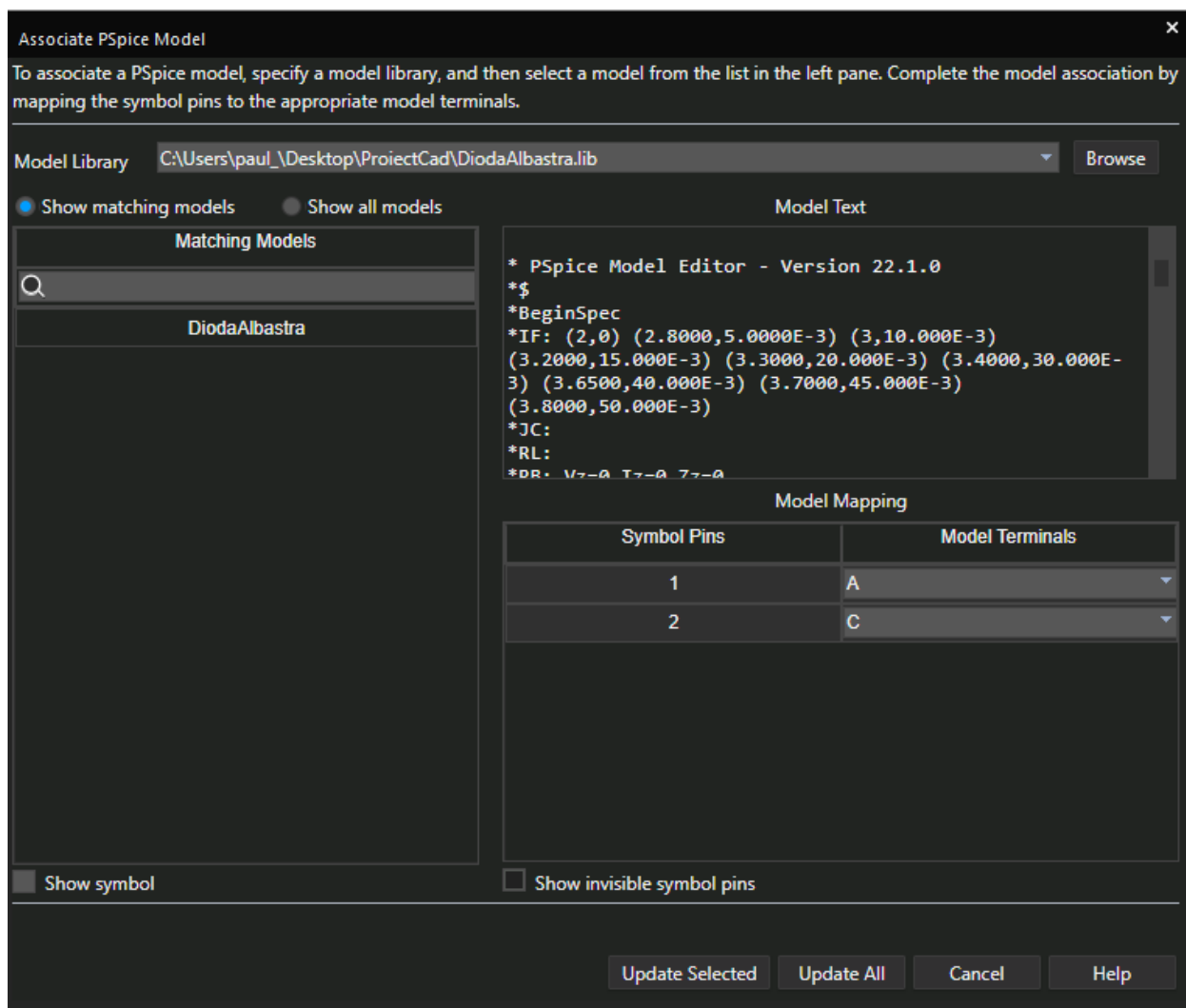
L-9294QBC-D



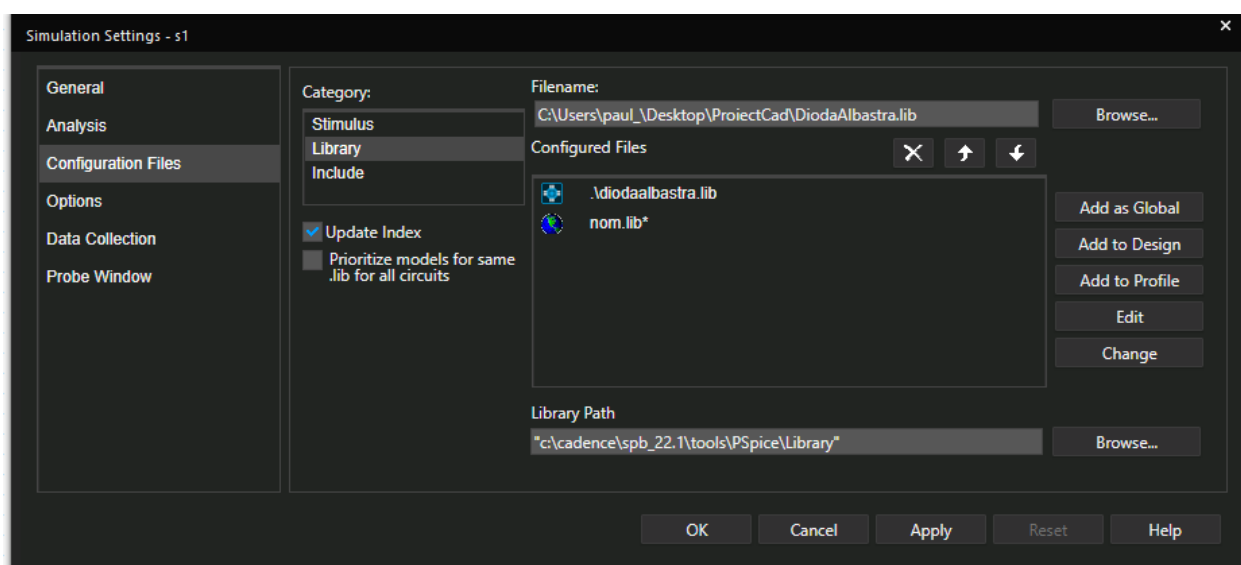
Ne vom folosi de acest grafic pentru a introduce datele in PSpice Model Editor.



Am introdus 9 valori ale Ledului pentru Forward Voltage, respectiv pentru Forward Current. Dupa ce am salvat dioda creată vom asocia o diodă DBreak cu modelul nostru de diodă.



Atribuim simulărilor librăria corespunzătoare diodei albastre și o adăugăm ca și Design.



	A
	SCHEMATIC1: PAGE1
AREA	
Color	Default
Designator	
Graphic	Dbreak.Normal
ID	
Implementation	DiodaAlbastra
Implementation Path	C:\Users\paul\Desktop\
Implementation Type	PSpice Model
Location X-Coordinate	830
Location Y-Coordinate	390
Name	INS10862
Part Reference	D1
PCB Footprint	
Power Pins Visible	
Primitive	DEFAULT
PSpiceOnly	TRUE
PSpiceTemplate	D^@REFDES %1 %2 @MO
Reference	D1
Source Library	C:\ACADENCE\SPB_22.1
Source Package	Dbreak
Source Part	Dbreak.Normal
Value	Dbreak

Din Meniul View > Edit Model, ștergem informațiile care se află sub Rs:

```

diodalbastraDiodaAlbastra - PSpice Model Editor
File Edit View Model Plot Tools Window Help
Model List
Model Name Type Modifi
DiodaAlbastra Diode
*BeginSpec
*IF: (2,0) (2.8000,5.0000E-3) (3,10.000E-3) (3.2000,15.000E-3) (3.30
*JC:
*RL:
*RB: Vz=0 Iz=0 Ez=0
*RR: Trr=0 Ifwd=10.000E-3 Irev=10.000E-3 Rl=100
*EndSpec
*BeginTrace
*IF: 1,0,.4,3.8000,1,3,0,0,-1 (27)
*JC: 0,1,-1,10,1,3,0,0,-1 (27)
*RL: 0,0,1,100,1,3,0,0,-1 (27)
*RB: 0,1,100.000E-6,1,1,3,0,0,-1 (27)
*RR: 0,0,-5.0000E-9,20.000E-9,1,3,0,0,-1 (27)
*EndTrace
*BeginParam
*IS=2.2816E-12 (10.000E-21,.1,0)
*N=4.9950 (.2,5,0)
*RS=14.553 (1.0000E-6,100,0)
*IKF=999 (0,1.0000E3,0)
*XTI=3 (-100,100,0)
*EG=1.1100 (.1,5.5100,0)
*CJO=1.0000E-12 (10.000E-21,1.0000E-3,0)
*M=.3333 (.1,10,0)
*VJ=.75 (.3905,10,0)
*FC=.5 (1.0000E-3,10,0)
*ISR=100.000E-12 (10.000E-21,.1,0)
*NR=2 (.5,5,0)
*BV=100 (.1,1.0000E6,0)
*IBV=100.000E-6 (1.0000E-9,10,0)
*TT=5.0000E-9 (100.000E-18,1.0000E-3,0)
*EndParam
*DEVICE=DiodaAlbastra,D
* DiodaAlbastra D model
* created using Model Editor release 22.1.0 on 05/22/23 at 16:36
* The Model Editor is a PSpice product.
.MODEL DiodaAlbastra D
+ IS=2.2816E-12
+ N=4.9950
+ RS=14.553
+ IKF=999
+ CJO=1.0000E-12
+ M=.3333
+ VJ=.75
+ ISR=100.000E-12
+ BV=100
+ IBV=100.000E-6
+ TT=5.0000E-9

```

```

type Model
Dioda
*EndTrace
*BeginParam
*IS=2.2816E-12 (10.000E-21,.1,0)
*N=4.9950 (.2,5,0)
*RS=14.553 (1.0000E-6,100,0)
*IKF=999 (0,1.0000E3,0)
*XTI=3 (-100,100,0)
*EG=1.1100 (.1,5.5100,0)
*CJO=1.0000E-12 (10.000E-21,1.0000E-3,0)
*M=.3333 (.1,10,0)
*VJ=.75 (.3905,10,0)
*FC=.5 (1.0000E-3,10,0)
*ISR=100.000E-12 (10.000E-21,.1,0)
*NR=2 (.5,5,0)
*BV=100 (.1,1.0000E6,0)
*IBV=100.000E-6 (1.0000E-9,10,0)
*TT=5.0000E-9 (100.000E-18,1.0000E-3,0)
*EndParam
*DEVICE=DiodaAlbastra,D
* DiodaAlbastra D model
* created using Model Editor release 22.1.0 on 05/22/23 at 16:36
* The Model Editor is a PSpice product.
.MODEL DiodaAlbastra D
+ IS=2.2816E-12
+ N=4.9950
+ RS=14.553

```

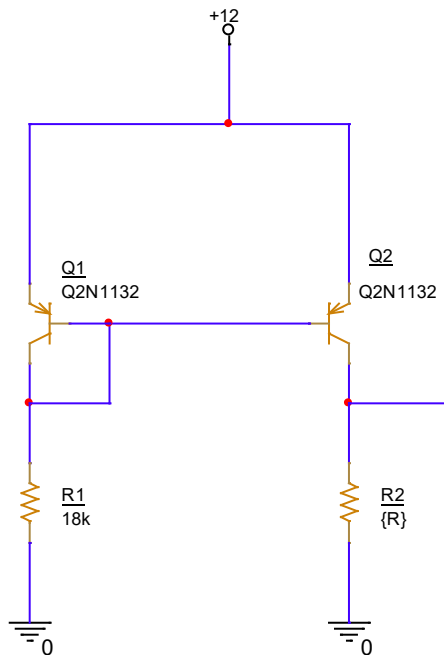
Se poate observa Ledul Albastru după modelare:



Breviar de calcul:

1. Dimensiomarea Rezistențelor

1.1 Rezistențe oglinda de curent:



R2 – Rezistența senzor (param) variază de la 3k la 1k Ohmi;
VCC=12V;

Știind că:

$$V_{max} = R_{max} \cdot I < VCC - 2V \Rightarrow I < \frac{VCC - 2V}{R_{max}}$$

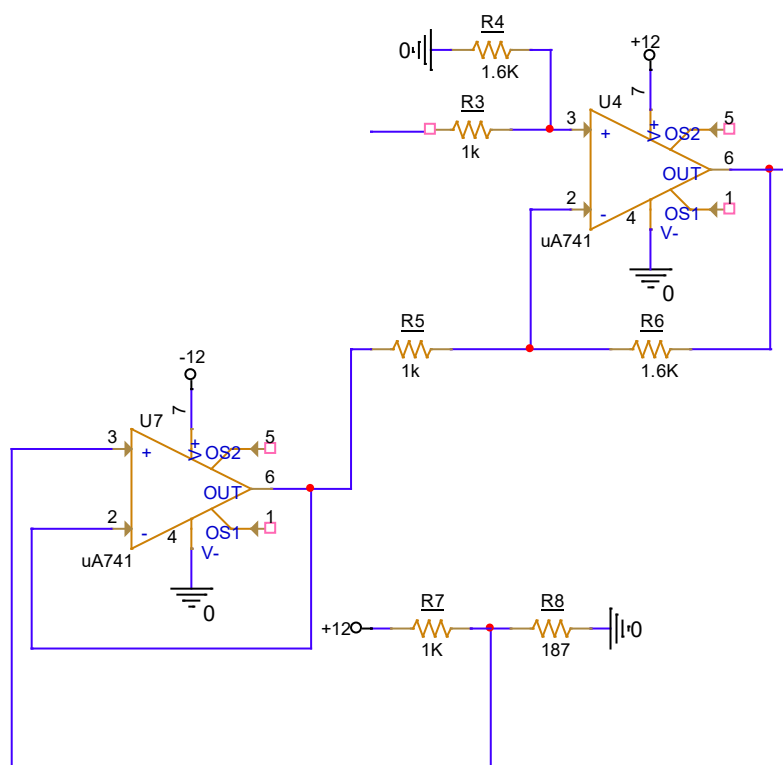
$$I < \frac{12V - 2V}{13K\Omega} \Rightarrow I < 0,6mA$$

$$I = \frac{VCC - V_{BE}}{R} \Rightarrow 0,6 = \frac{12V - 0,7V}{R} \Rightarrow R = 18k\Omega$$

Deci, R1= 18kΩ;

Toleranța = 0.5% (Seria standard E192)

1.2 Rezistențe AO Diferențial:



Acest AO diferențial, extinde domeniul de tensiune obținut la ieșirea din sursa de curent la $[0 - VCC - 2V]$. După analiza variației tensiunii de la bornele senzorului, domeniul de variație al tensiunii este $[1,9V - 8,1V]$. (Repetorul stabilizează semnalul care iese din divizorul de tensiune)

Calculăm diferența dintre valoarea maximă și minimă a tensiunii necesare calculului Amplificării:

$$8,1V - 1,9V = 6,2V$$

$$6,2V \cdot A = VCC - 2V \Rightarrow A = \frac{12V - 2V}{6,2V} \Rightarrow A = 1,61V$$

Alegem $R5 = 1k\Omega$;

$$A = \frac{R6}{R5} \Rightarrow 1,61V = \frac{R6}{1k\Omega} \Rightarrow R6 = 1,6k\Omega$$

Se iau următoarele valori: $R5 = R3 = 1k\Omega$; $R4 = R6 = 1,6k\Omega$

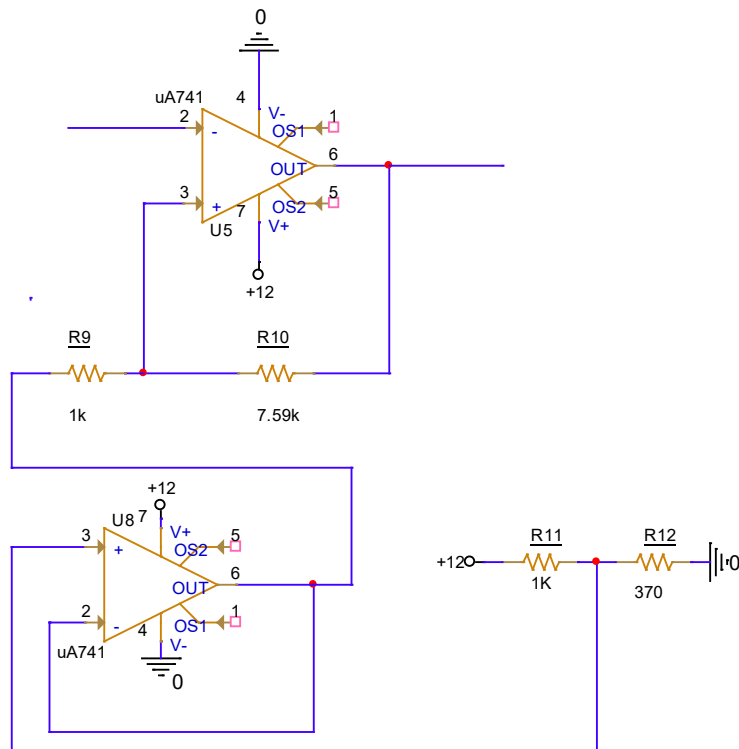
Pentru aflarea tensiunii de referință din AO diferențial, am construit un divizor de tensiune.

Alegem $R7 = 1k\Omega$.

$$\frac{R8}{R8 + R7} \cdot VCC = 1,9V \Rightarrow \frac{R8}{R8 + R7} = \frac{1,9V}{12V} \Rightarrow \frac{1,9}{10,1} = R8 \Rightarrow R8 = 188k\Omega$$

$R8 = 187 k\Omega$ (Valoarea cea mai apropiată aleasă din seria standard E192)

1.3 Rezistențe Comparator cu RP:



Folosindu-ne de domeniul de presiune măsurabil și de domeniul de variație al tensiunii de la ieșirea din AO Diferențial, calculăm variația domeniului de tensiune la 1mBar.

1210mBar.....0,184V
 1590mBar.....9,96V
 1mBar.....x V

$x = 6,2 \text{ mV} \Rightarrow$ Avem 6,2 mV la 1mBar.

Mai departe vom afla pragurile comparatorului (V_{PH}, V_{PL}):

$$V_{PH} = 6,2 \frac{\text{mV}}{\text{mBar}} \cdot 1590 \text{ mBar} = 9,85V$$

$$V_{PL} = 6,2 \frac{\text{mV}}{\text{mBar}} \cdot 1250 \text{ mBar} = 7,75V$$

$$V_{PL} = \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{OL} + \frac{R10}{R9 + R10} \cdot V_{REF}$$

$$V_{PL} = \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{REF}$$

$$V_{PH} = \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{OH} + \frac{R10}{R9 + R10} \cdot V_{REF}$$

$$V_{PL} = \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{OH} + V_{PL} \Rightarrow \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{OH} = V_{PH} - V_{PL}$$

$$\frac{R9}{R9 + R10} \cdot 18V = 2,1V \Rightarrow \frac{R9}{R9 + R10} = 0,116$$

Alegem $R9=1k\Omega \Rightarrow R10=7,62k\Omega$; Alegem $R10=7,59k\Omega$ (Valoarea cea mai apropiată aleasă din seria standard E192)

$$V_{PL} = \frac{R9}{R9 + R10} \cdot V_{REF} \Rightarrow V_{REF} = \frac{V_{PL}(R9 + R10)}{R10} \Rightarrow V_{REF} = 8,77V$$

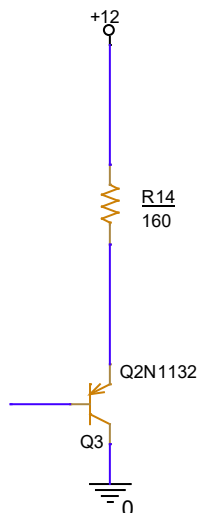
Astfel V_{REF} este obținută dintr-un divizor de tensiune:

Alegem $R11=1k\Omega$;

$$\frac{R12}{R11 + R12} \cdot V_{CC} = V_{REF} \Rightarrow \frac{R12}{R11 + R12} \cdot 12V = 8,77V \Rightarrow \frac{R12}{R11 + R12} = 0,73V$$

$$R12 = \frac{0,27}{0,73} \Rightarrow R12 = 0,37k\Omega$$

1.4 Rezistență Releu



Pentru a dimensiona rezistența Releului vom lua din foaia de catalog a unui releu valoarea rezistenței interne. Rezultă, $R14 = 160 \Omega$ la temperatura de $+25^\circ C$.

(Tranzistorul din vecinătatea releului comută în funcție de Comparator)

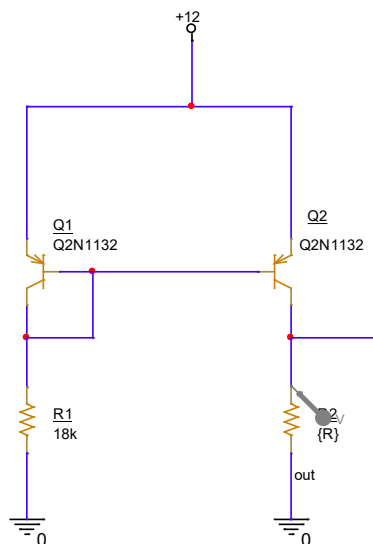
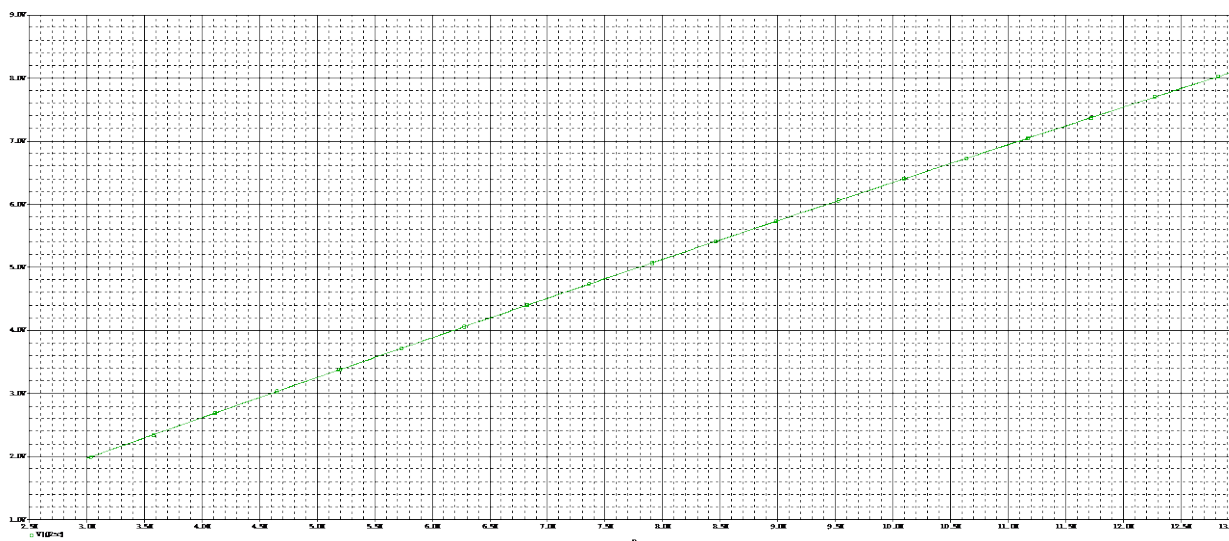
2. Componente utilizate:

- Rezistențele sunt de tipul R/ANALOG din biblioteca Pspice;
- Tranzistoarele PNP sunt de tipul Q2N1132/BIPOLAR din biblioteca Pspice;
- Dioda LED Albastru este cea modelată în pasul Modelarea unui Led;
- Amplificatoarele Operaționale sunt de tipul uA741/OPAMP.
- Releul cu o rezistență internă de 160Ω luata din foaia de catalog.

Testarea circuitului

1.Simulare DC Sweep Senzor:

Avem nevoie de un profil de simulare DC Sweep, în funcție de parameterul R.
Pentru prima simulare am plasat markerul de tensiune la a doua bornă a senzorului.
Se observă domeniul de variație al tensiunii [1,9V-8,1V].

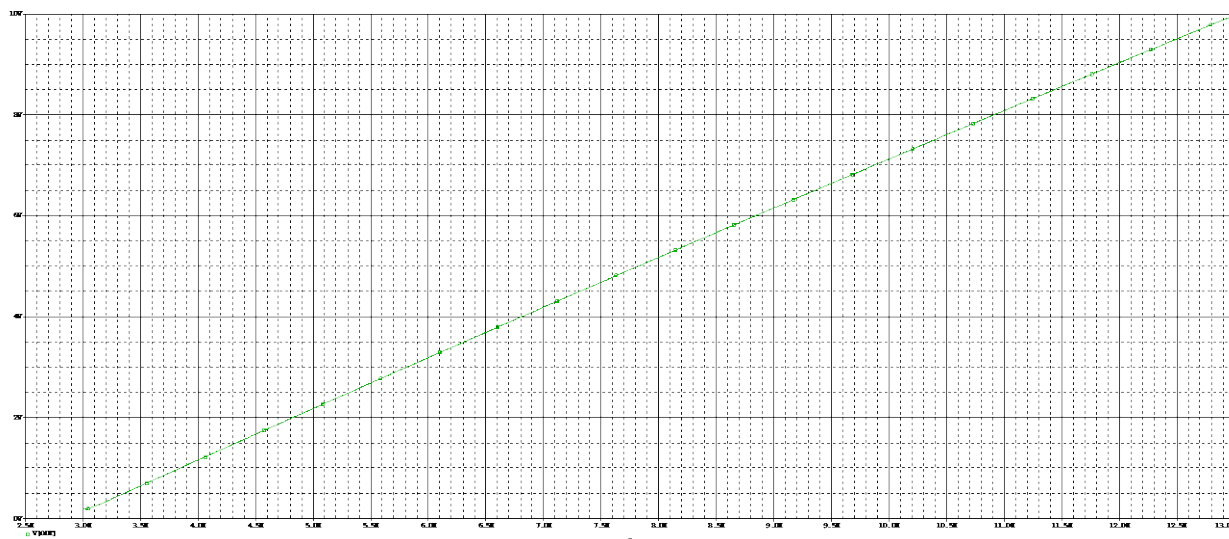


	Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
		X Values	12.999K	3.0000K	9.999K
	CURSOR 1,2	V(R2:2)	8.1247	1.9722	6.1526

2.Simulare DC Sweep AO Diferențial:

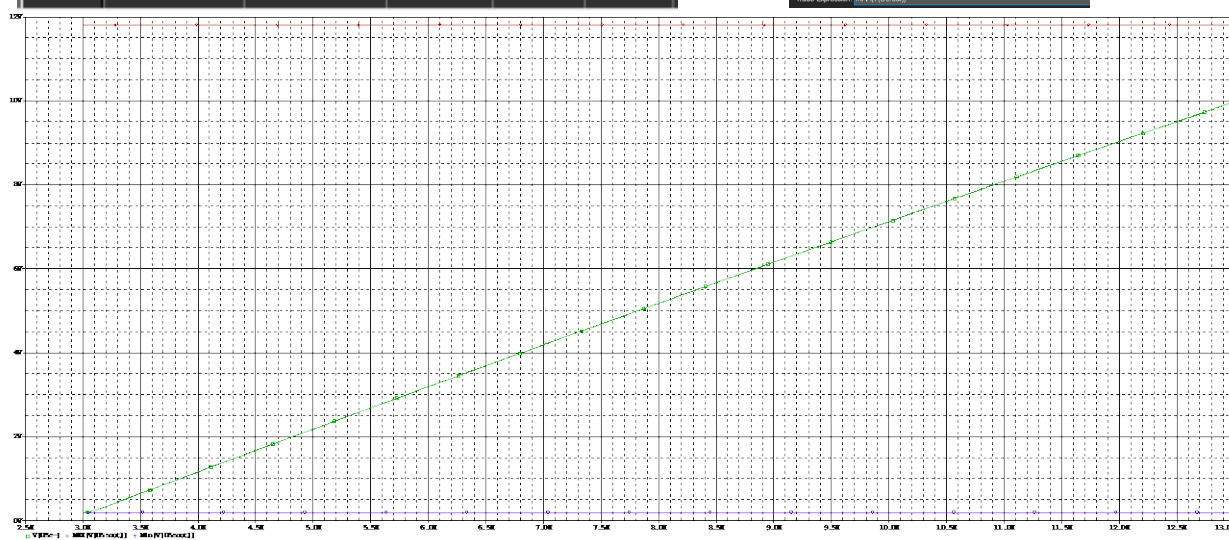
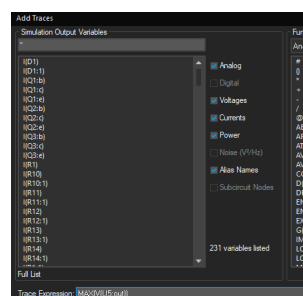
Pentru următoarea simulare am pastrat parametrii profilului de simulare DC Sweep și am plasat markerul de tensiune la ieșirea din AO Diferențial .

Această simulare reprezintă variația tensiunii după amplificare și extinderea domeniului de tensiune obținut la ieșirea din oglinda de curent.



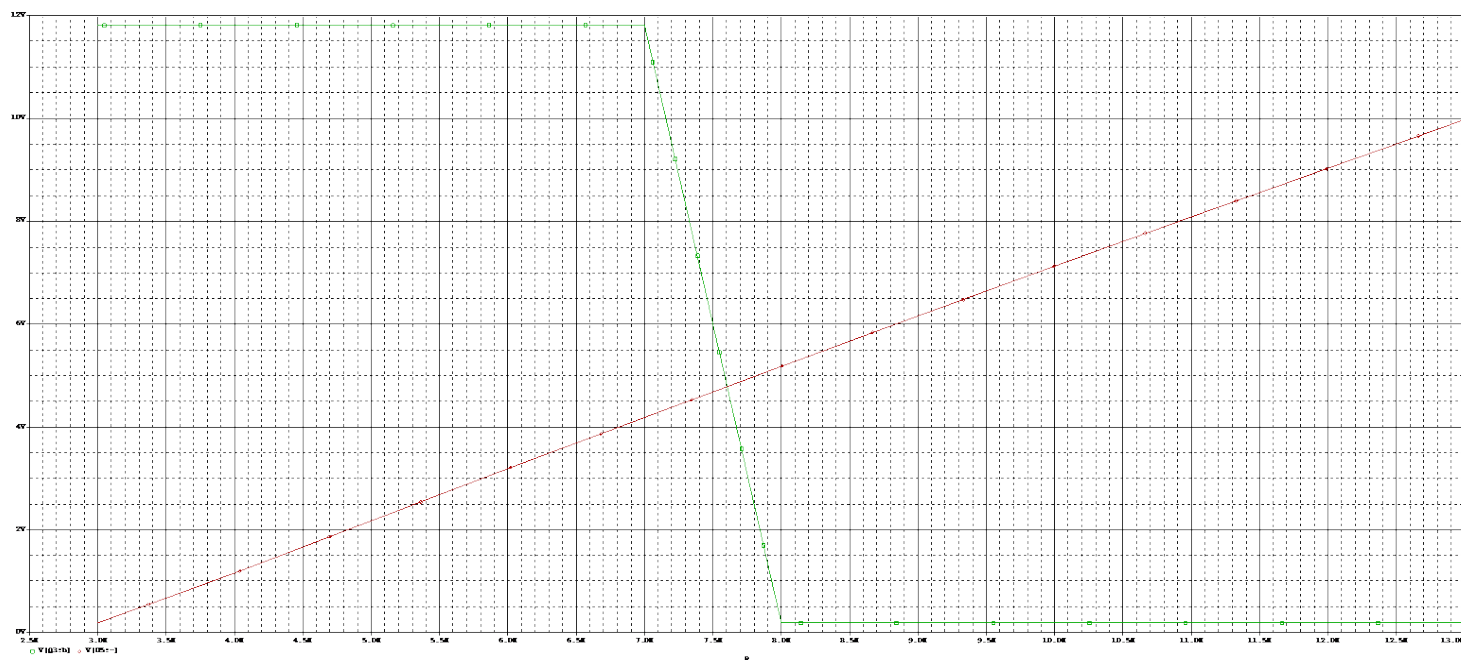
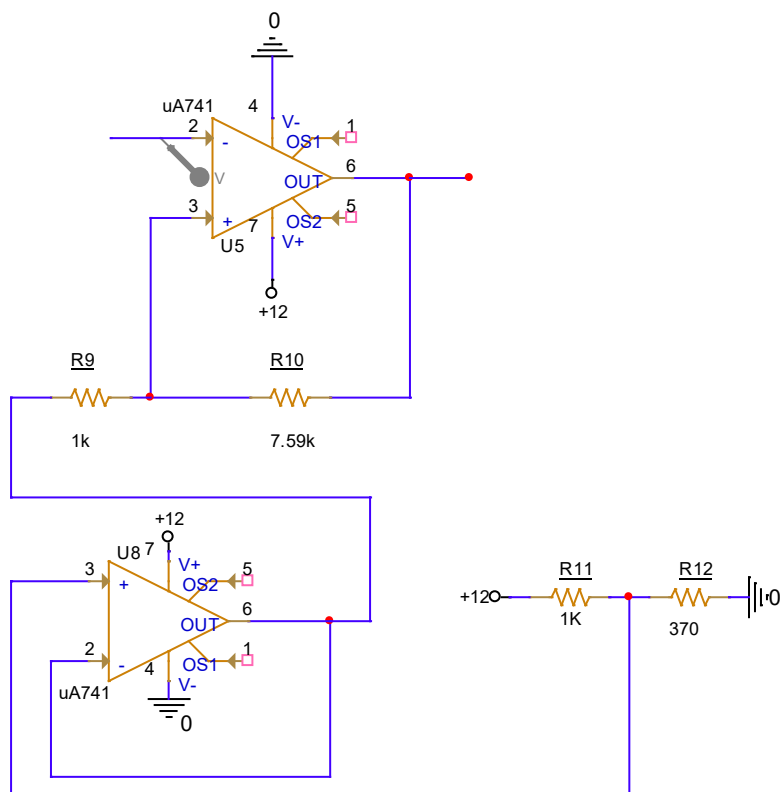
Se poate observa în figura de mai jos noul domeniu de variație al tensiunii [0,184mV – 9,975 V], acesta fiind foarte aproape de [0-(12V-2V)]=> [0-10V].

	Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
		X Values	3.0000K	12.999K	-9.999K
	CURSOR 1,2	V(U5:-)	184.579m	9.975	-9.790



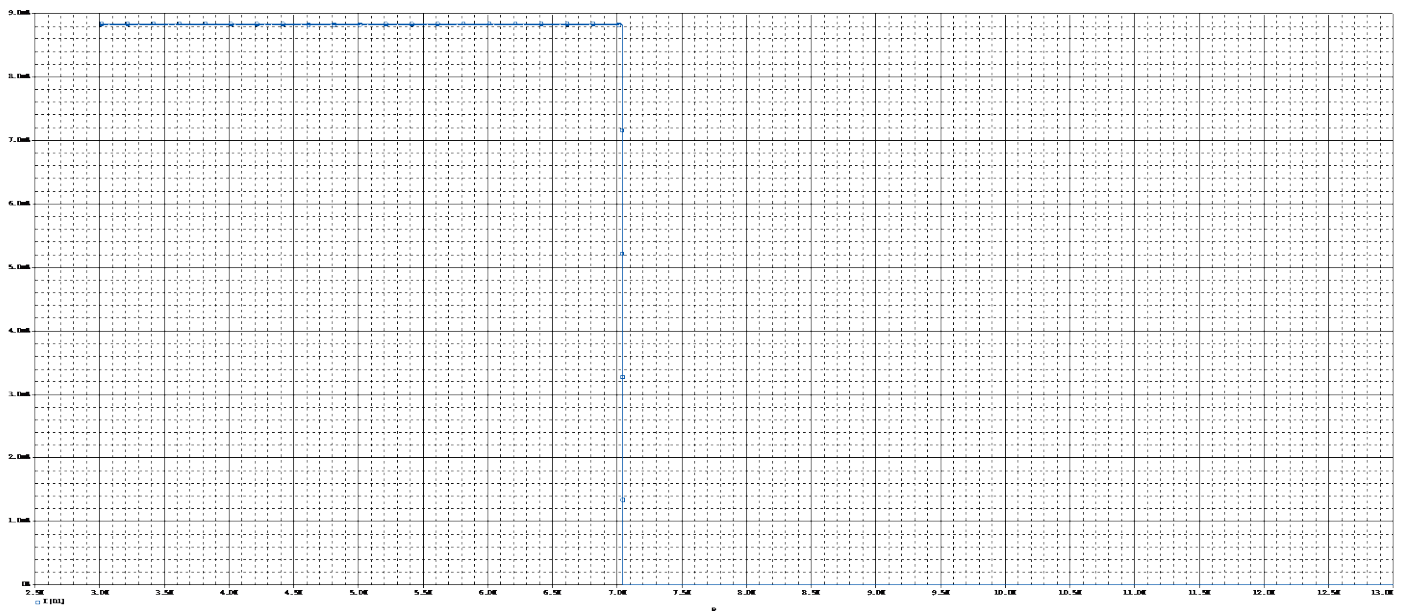
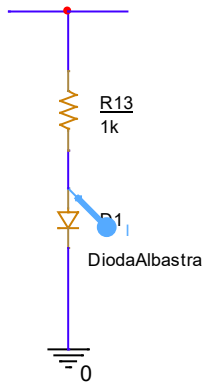
3.Simulare DC Sweep Comparator:

Pentru această simulare am plasat 2 markeri de tensiune la ieșirea și intrarea Comparatorului. Am păstrat parametrii profilului de simulare DC Sweep și am ales incrementul la 1k. Cu ajutorul acestei simulări putem vizualiza histereza.



4.Simulare DC Sweep Diodă:

Pentru această simulare am plasat markerul de curent pe pinul 2 al Ledului Albastru D1.
Am păstrat parametrii DC Sweep în funcție de parametrul R cu increment de 1.
(LED-ul semnalizează în funcție de comparator și releu)

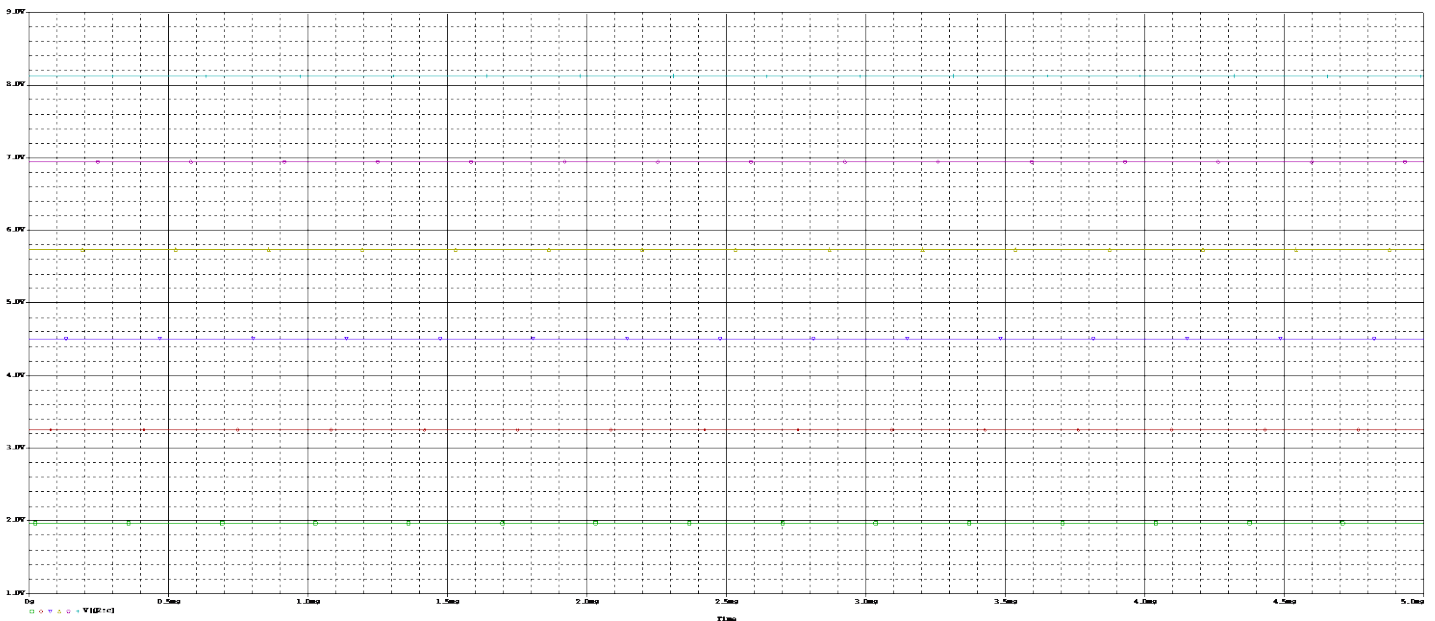
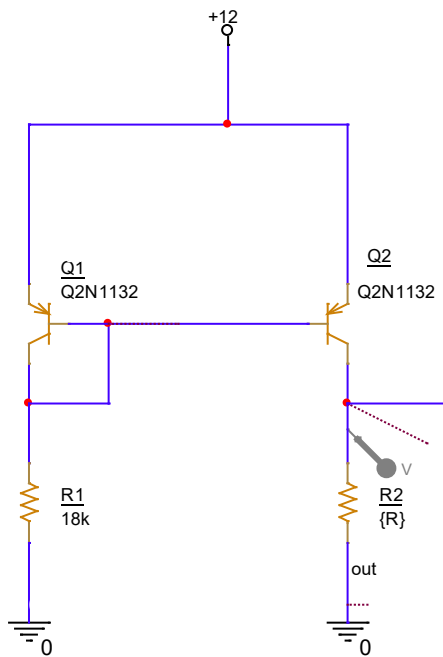


4.Alte Simulări/Analize:

- Time - Parametric Sweep,:

Am plasat markerul de tensiune la a doua bornă a rezistenței senzorului.

După aceasta am creat o simulare nouă tip Time Domain și am ales Run Time 5 ms; Am bifat Parametric Sweep, după care am selectat Global Parameter, am introdus la Param Name: R și la Value List am trecut 6 valori ale rezistenței senzorului cuprinse în intervalul 3k -13k Ohmi.



Simulation Settings - Time

General

Analysis

Configuration Files

Options

Data Collection

Probe Window

Analysis Type:
Time Domain (Transient)

Options:

☒ General Settings
 ☐ Monte Carlo/Worst Case
 ☒ Parametric Sweep
 ☐ Temperature (Sweep)
 ☐ Save Bias Point
 ☐ Load Bias Point
 ☐ Save Check Point
 ☐ Restart Simulation

Run To Time : 5ms seconds (TSTOP)

Start saving data after : 0 seconds

Transient options:
 Maximum Step Size seconds
☐ Skip initial transient bias point calculation (SKIPBP)

☐ Run in resume mode

Output File Options...

OK

Cancel

Apply

Reset

Help

Simulation Settings - Time

General

Analysis

Configuration Files

Options

Data Collection

Probe Window

Analysis Type:
Time Domain (Transient)

Options:

☒ General Settings
 ☐ Monte Carlo/Worst Case
 ☒ Parametric Sweep
 ☐ Temperature (Sweep)
 ☐ Save Bias Point
 ☐ Load Bias Point
 ☐ Save Check Point
 ☐ Restart Simulation

Sweep Variable

☐ Voltage source
 ☐ Current source
 ☒ Global parameter
 ☐ Model parameter
 ☐ Temperature

Name: T

Model type:

Model name:

Parameter name: R

Sweep Type

☐ Linear
 ☐ Logarithmic
 ☒ Value List

Decade

3k 5k 7k 9k 11k 13k

Start Value: 3k

End Value: 13k

Increment: 1

OK

Cancel

Apply

Reset

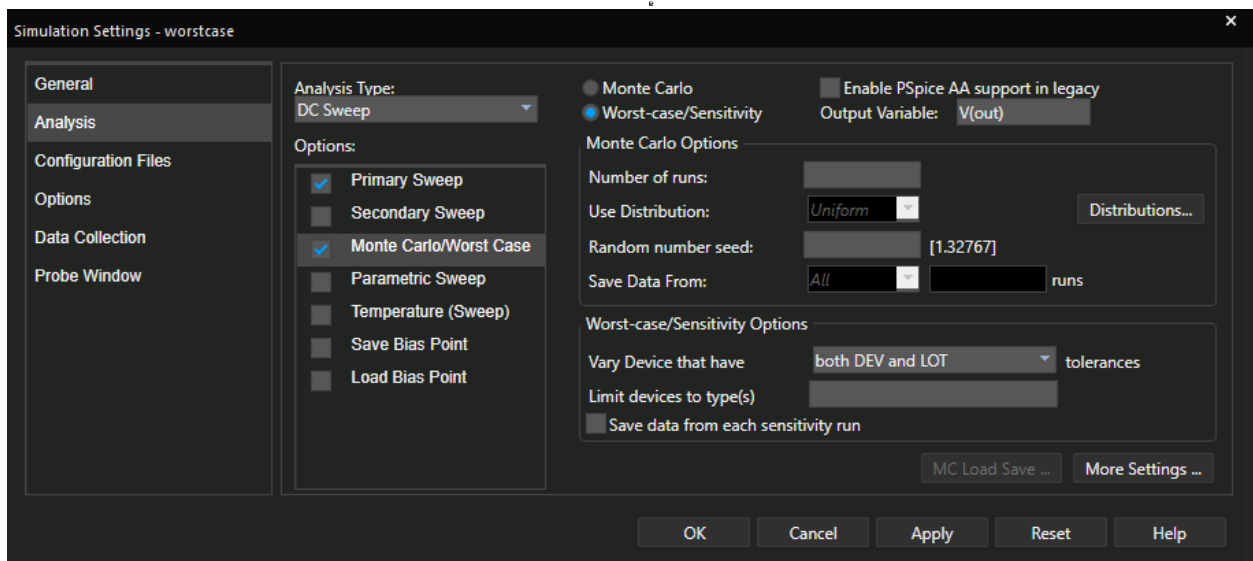
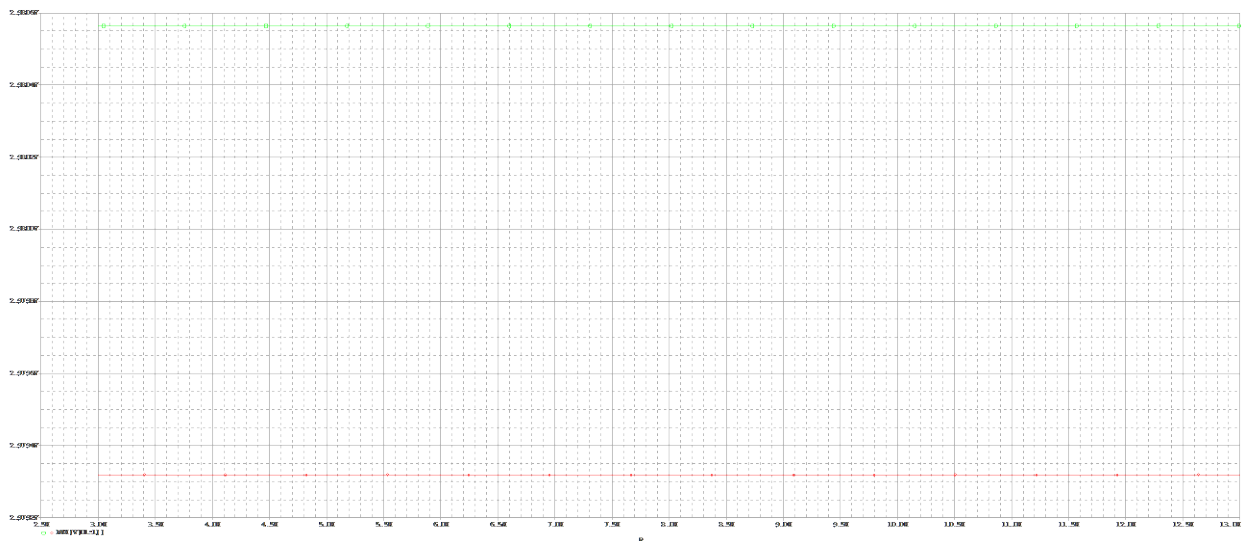
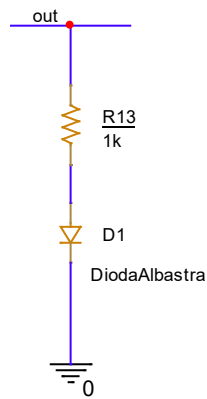
Help

- **DC Sweep : Worst-Case:**

Această simulare indică în ce măsură afectează LED-ul circuitul. Am plasat Un Net-Alias (out) la ieșirea din comparator.

După aceasta am creat o simulare nouă tip DC Sweep, am ales aceeași parametrii Primary Sweep, am selectat Monte Carlo/Worst Case după care am bifat Worst Case.

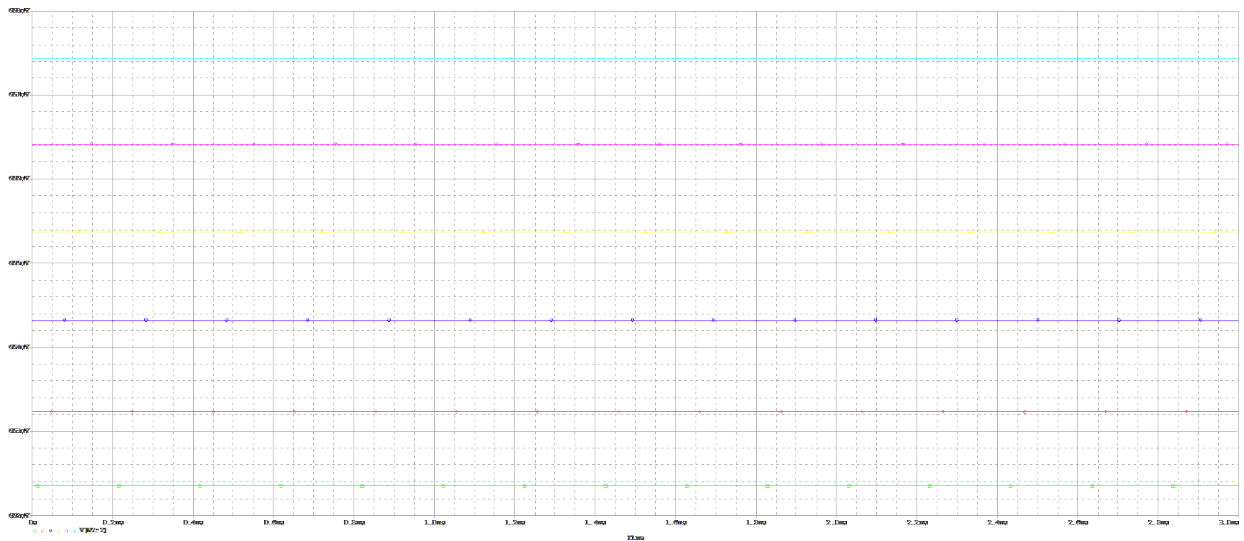
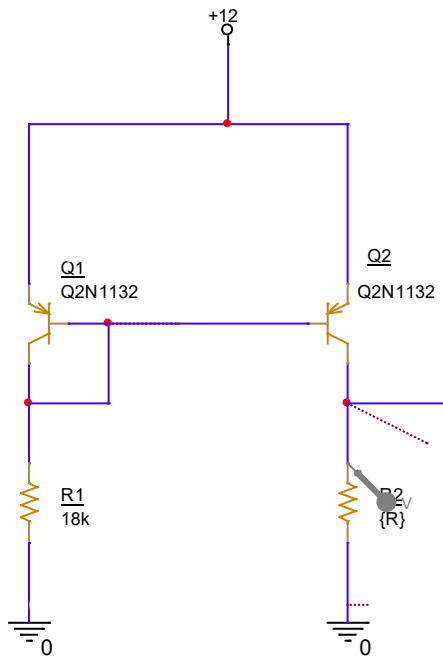
La OutputVariable am introdus V(out).

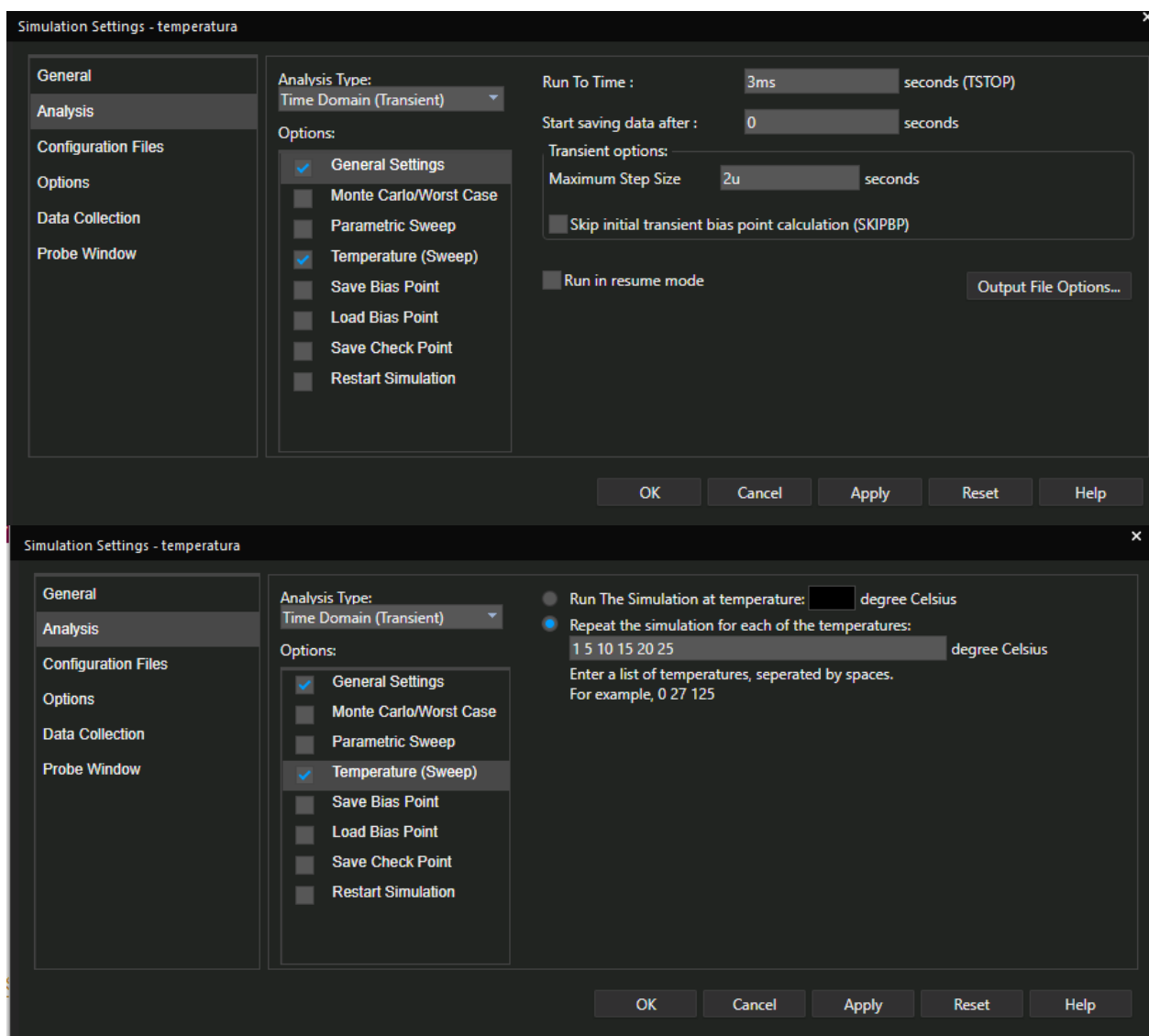


- Time: Analiză de temperatură:

Am plasat markerul de tensiune la a doua bornă a rezistenței senzorului.

După aceasta am creat o simulare nouă tip Time Domain și am ales Run Time 3 ms; Am bifat Temperature, după care am introdus valorile de 5, 10, 15, 20, 25 grade Celsius.

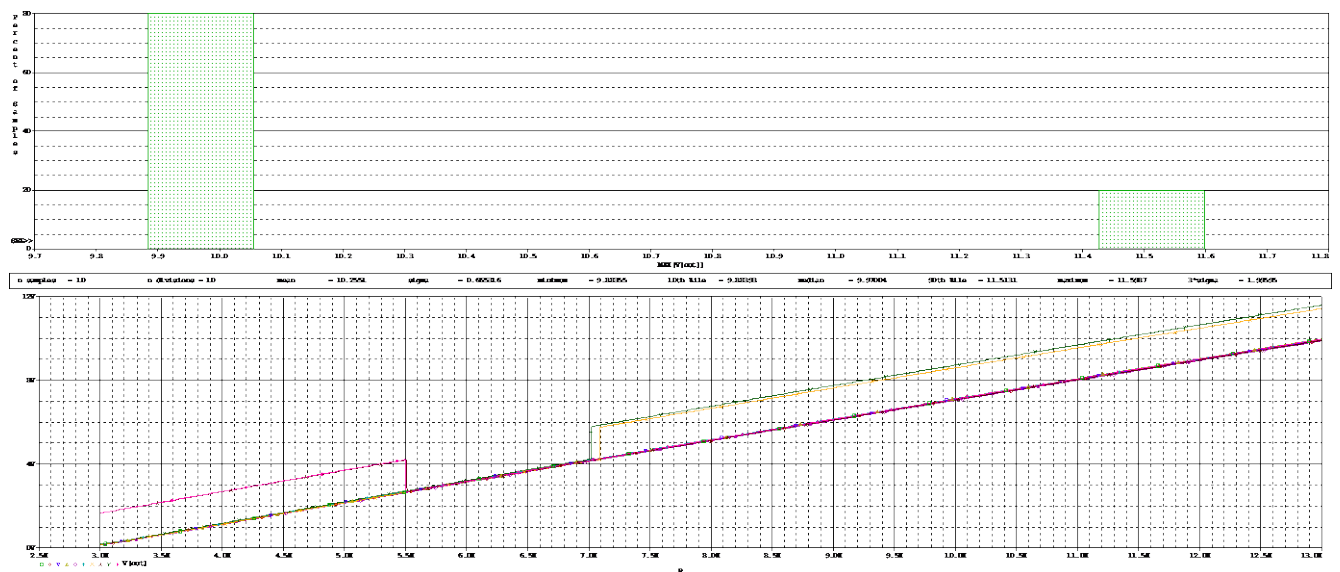
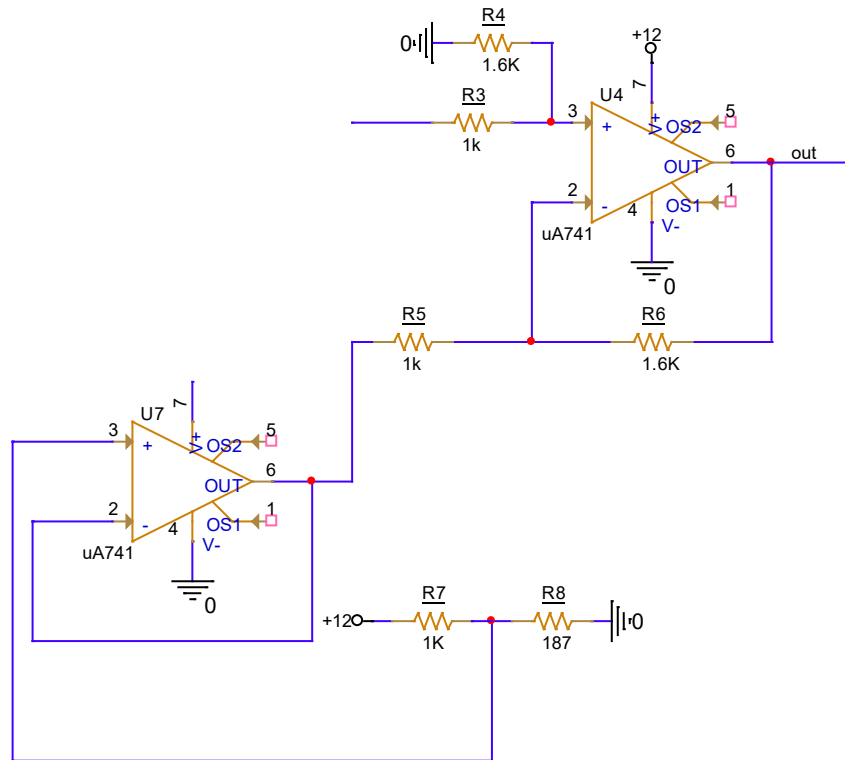




- DC Sweep - Monte Carlo:

Am plasat Net Aliasul (out) la ieșirea AO Diferențial. După aceasta am creat o simulare nouă tip DC Sweep. Am ales aceleași valori în funcție de parametrul R. Am selectat Monte Carlo/Worst Case după care am bifat Monte Carlo. La Output Variable am introdus V(out). Am ales Number of runs 10 și Random number seed 200.

Această analiză ne arată cum se comportă circuitul după amplificare. (La variații ale valorilor componentelor în funcție de toleranța acestora) Cu performance Analysis afișăm tensiunea maximă a circuitului după amplificare. (Max(V(out)))



Simulation Settings - MonteCarlo

General

Analysis

Configuration Files

Options

Data Collection

Probe Window

Analysis Type:

DC Sweep

Options:

☒ Primary Sweep

☐ Secondary Sweep

☒ Monte Carlo/Worst Case

☐ Parametric Sweep

☐ Temperature (Sweep)

☐ Save Bias Point

☐ Load Bias Point

☒ Monte Carlo

☐ Worst-case/Sensitivity

Enable PSpice AA support in legacy

Output Variable: V(out)

Monte Carlo Options

Number of runs:

10

Use Distribution:

Uniform

Distributions...

Random number seed:

200

[1.32767]

Save Data From:

All

runs

Worst-case/Sensitivity Options

Vary Device that have

both DEV and LOT

tolerances

Limit devices to type(s)

☐ Save data from each sensitivity run

MC Load Save ...

More Settings ...

OK

Cancel

Apply

Reset

Help

Performance Analysis

Performance Analysis allows you to see how some characteristic of a waveform (as measured by a Measurement) varies between several simulation runs that have a single variable (parameter, temperature, etc) changing between runs. For example, you could plot the bandwidth of a filter vs a capacitor value that changes between simulation runs.

Multiple simulation runs are required to use Performance Analysis. Each simulation is a different section in the data file.

Analog sections currently selected

10 of 10

Variable changing between sections

Monte Carlo run number

Range of changing variable

1 to 10

The X axis will be a histogram.

The Y axis will depend on the Measurement you use.

If you wish, you may now select a different set of sections.

Choosing OK now will take you directly into Performance Analysis, where you will need to use Trace/Add to 'manually' add your Measurement, or expression of Measurements, to create the Performance Analysis Trace.

Instead, you may use the Wizard to help you create a Performance Analysis Trace.

OK

Cancel

Wizard

Help

Select Sections...

Bibliografie

- **Cărte:** „Proiectare Asistată la calculator-Aplicatii” de Ovidiu Pop, Raul Fizeșan, Gabriel Chindriș;
- **Cursuri:**”Curs 8 Dispozitive Electronice” – Emilia Șipoș.
- **Link-uri:** - DataSheet pentru Releu:
<https://datasheet.ciiva.com/8691/uk9339-8691778.pdf>
 - DataSheet pentru Led(atașată în documentație).
 - Tabel pentru aflarea toleranțelor rezistențelor din seria standard E192:
https://www.logwell.com/tech/components/resistor_values.html