

UNIVERSITATEA POLITEHNICA din BUCUREȘTI
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Proiect 1 – Dispozitive și circuite electronice

Stabilizator de tensiune cu Element de Reglaj Serie

Îndrumători:

Ș. I. Dr. Ing. Miron Cristea

Dr. Ing. Niculina Drăghici

Student:

Stanescu Vlad-

Constantin

Grupa 434C

București

2022

Cuprins

1. Tema de proiectare	3
1.1 Enunțul temei de proiectare.....	3
1.2 Schema bloc a stabilizatorului	3
1.3 Schema bloc aleasă a stabilizatorului.....	4
2. Proiectarea blocurilor	5
2.1 Referința de tensiune.....	5
2.2 Element de reglaj serie	5
2.3 Amplificator de eroare și rețea de reacție negativă	5
2.4 Rezistența de sarcină	6
2.5 Circuit de protecție	6
3. Rezultatele simulării SPICE	7
3.1 Punctul static de funcționare.....	7
3.2 Variația tensiunii de ieșire în funcție de variația tensiunii de intrare ..	11
3.3 Variația tensiunii de ieșire în funcție de variația temperaturii	13
3.4 Deriva termică	15
3.5 Protecția la suprasarcină	17
3.6 Amplificarea în tensiune minimă a amplificatorului de eroare.....	20
4. Lista de piese	21
5. Bibliografie.....	22

1. Tema de proiectare

1.1 Enunțul temei de proiectare

Să se proiecteze și realizeze un stabilizator de tensiune cu ERS având următoarele caracteristici:

- Tensiunea de ieșire reglabilă în intervalul: $4,5 \div 9$ [V];
- Element de reglaj serie;
- Sarcina la ieșire 450 [Ω];
- Deriva termică $< 2\text{mV}/^\circ\text{C}$;
- Protecție la suprasarcină prin limitarea curentului la maxim $0,4$ A;
- Tensiune de intrare în intervalul: $16,2 \div 18$ [V];
- Domeniul temperaturilor de funcționare: $0^\circ - 70^\circ\text{C}$ (verificabil prin testare în temperatură);
- Amplificarea în tensiune minimă (în buclă deschisă) a amplificatorului de eroare: minim 200.

1.2 Schema bloc a stabilizatorului

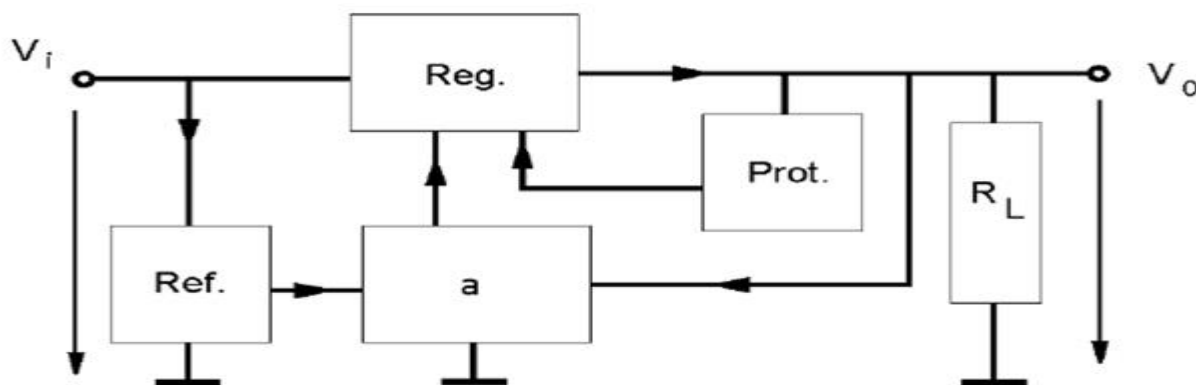


Fig.11.1. Schema bloc a unui stabilizator de tensiune. Ref. = referința de tensiune, Reg. = regulator serie, a = amplificator de eroare, R_L = rezistența (impedanța) de sarcină, Prot. = circuit de protecție.

Stabilizatorul de tensiune reprezintă un circuit electronic care menține constantă tensiunea pe rezistența de sarcină (tensiunea stabilizată), în condițiile variației tensiunii de intrare (tensiunea nestabilizată), a curentului de sarcină și a temperaturii.

Tensiunea de referință se aplică la intrarea neinversoare a amplificatorului de eroare, iar la intrarea inversoare a amplificatorului, prin intermediul reacției negative, o parte din tensiunea de ieșire.

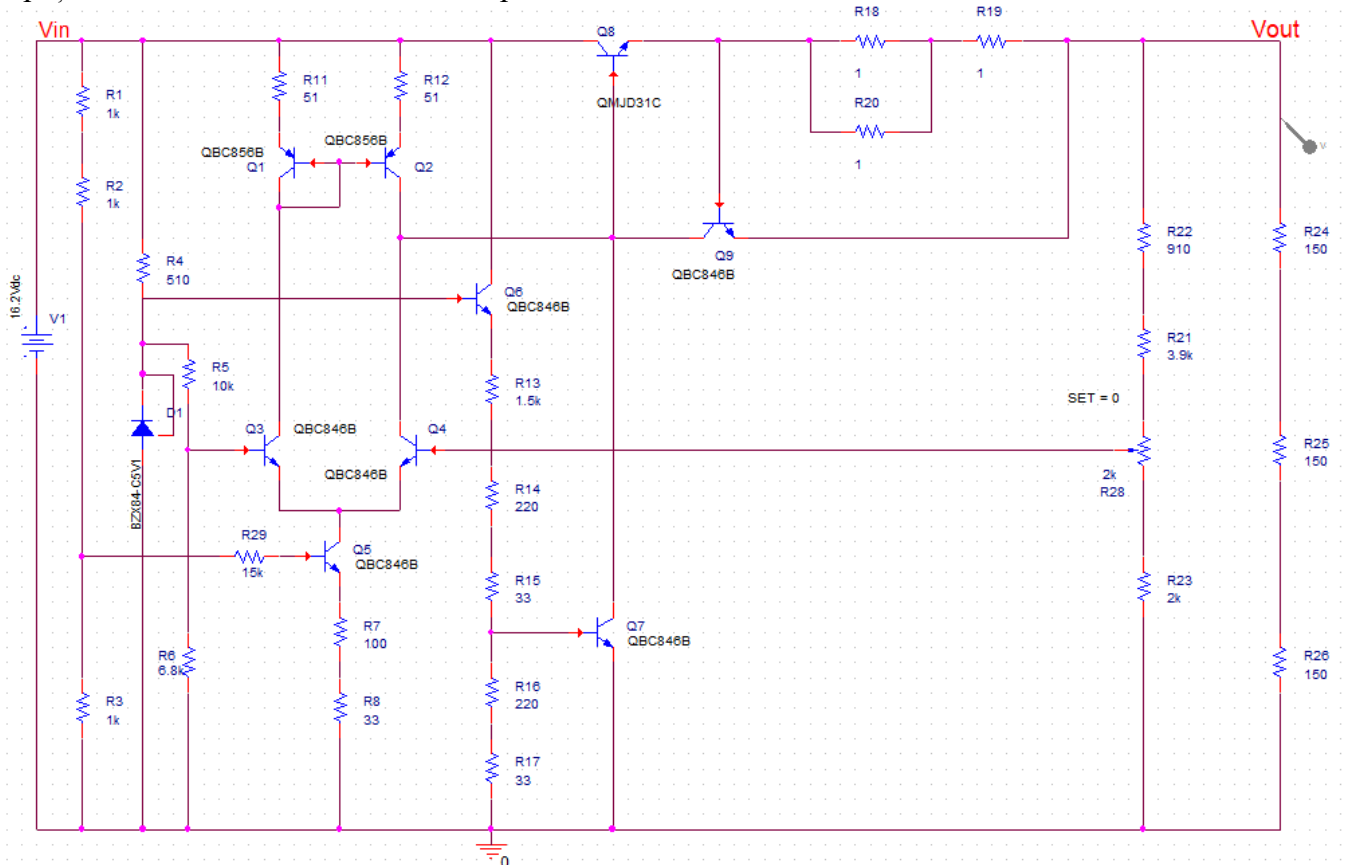
Elementul regulator serie este comandat de amplificatorul de eroare care compară tensiunea dată de referința de tensiune cu tensiunea preluată de la ieșire prin rețeaua de reacție negativă. La acesta se adaugă un circuit de protecție la suprasarcină și supraîncălzire. Tensiunea de ieșire a stabilizatorului se aplică rezistenței de sarcină.

Stabilizatorul cu element de reglaj serie are o schemă mai complexă dar asigură un reglaj mai bun al tensiunii stabilizate și randament mai mare, comparativ cu stabilizarea paralel.

1.3 Schema bloc aleasă a stabilizatorului

Stabilizatorul de tensiune este un circuit electronic ce oferă la ieșire o tensiune continuă, constantă la variațiile, între anumite limite, ale tensiunii de intrare $\Delta V_i = V_i$, curentului de ieșire (sarcinii) $\Delta I_O = -I_O$ și temperaturii ΔT . Stabilizatoarele de tensiune continuă fac parte din structura surselor de alimentare alături de transformator, de blocul redresor și de blocul de filtraj.

Pentru a evita distrugerea elementului de reglaj serie, în cazul unui scurtcircuit, se utilizează un circuit de protecție care fie va limita curentul prin circuit, fie va deconecta alimentarea atunci când se va depăși o anumită intensitate a curentului prin sarcină.



Stabilizatorul implementat conține următoarele blocuri formate din dispozitive electronice (tranzistoare bipolare, diode, surse de tensiune și rezistori):

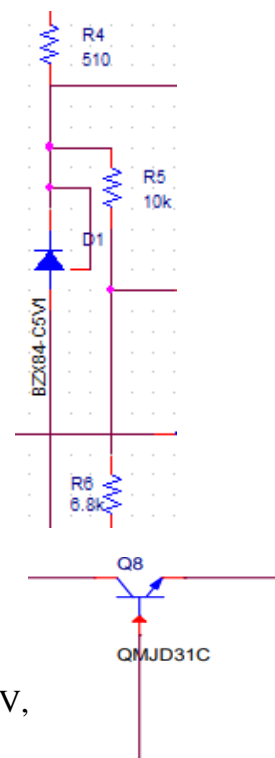
- referința de tensiune: dioda Zener D1, divizorul de tensiune format din rezistoarele R5 și R6 ;
- amplificator de eroare: tranzistoarele bipolare Q3, Q4 cu generatorul de curent formată din tranzistorul bipolar Q5 și rezistoarele R7, R8 și oglinda de curent alcătuită din tranzistoarele bipolare Q1, Q2 și rezistoarele R11, R12;
- rețea de reacție negativă: rezistoarele R21, R22, R23;
- element regulator serie: tranzistorul bipolar Q8;
- circuit de protecție termică: tranzistoarele bipolare Q6, Q7 și rezistoarele R13, R14, R15, R16 și R17;
- circuit de protecție la suprasarcină: tranzistorul bipolar Q9 și rezistoarele R18, R19, R20.

2. Proiectarea blocurilor

2.1 Referința de tensiune

În realizarea acestei scheme s-a folosit ca referință o dioda Zener D1 împreună cu divizorul rezistiv format din rezistoarele R5, R6. Pentru a polariza dioda s-a folosit rezistorul R4.

S-a ales dioda BZX84C5V1, având o tensiune $V_z = 5,1[V]$, $I_{zmin} = 10mA$. Pentru a asigura funcționalitatea în regim de stabilizare s-a ales valoarea rezistoarelor astfel încât prin dioda Zener să circule un curent mai mare decât I_{zmin} .



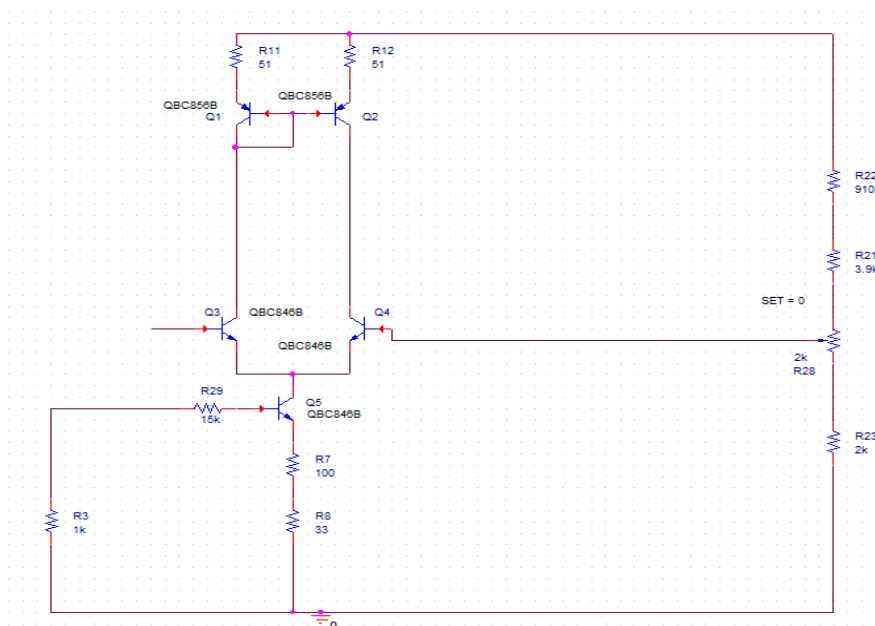
2.2 Element de reglaj serie

Elementul de reglaj serie menține tensiunea de ieșire la nivelul specificat sub controlul amplificatorului de eroare, furnizează curentul de ieșire, reduce sau blochează curentul de ieșire la acționarea circuitului de protecție, micșorează rezistența serie a stabilizatorului.

Ca element de reglaj serie am ales un tranzistor de tip MJD31CG, este un tranzistor de putere. Curentul suportat în cel mai defavorabil caz este de $0.4mA$, iar tensiunea este de $18V$, rezultând astfel o putere maximă suportată de $0.4mA \cdot 18V = 7.2W$.

2.3 Amplificator de eroare și rețea de reacție negativă

Tranzistoarele Q3, Q4, Q5 sunt de tip BC846B. Pentru a echilibra curenții I_{c1} , I_{c2} am folosit oglinda de curent formată din tranzistoarele Q1, Q2 de tip BC856B, aceștia fiind egali cu aproximativ $4.8mA$.



Generatorul de curent constant este format din tranzistorul Q5 și rezistoarele R3, R7, R8 și R29.

Amplificatorul de eroare compară tensiunea de referință cu o parte sau cu întreaga tensiune de ieșire, pentru a acționa asupra elementului de reglaj serie.

Rețeaua de reacție negativă constituie un simplu divizor de tensiune format din rezistoarele R21, R22, R23 și potențiometrul R28. Potențiometrul este folosit pentru a regla tensiunea la ieșire între valorile de 4,5 V și 9 V. Am ales valorile rezistențelor astfel încât să obțin la ieșire un interval de tensiuni în care este inclus și intervalul din enunțul temei de proiectare.

2.4 Rezistența de sarcină

Rezistența de sarcină este formată din rezistoarele R24, R25 și R26. Asupra acesteia se aplică tensiunea de la ieșirea stabilizatorului de tensiune.

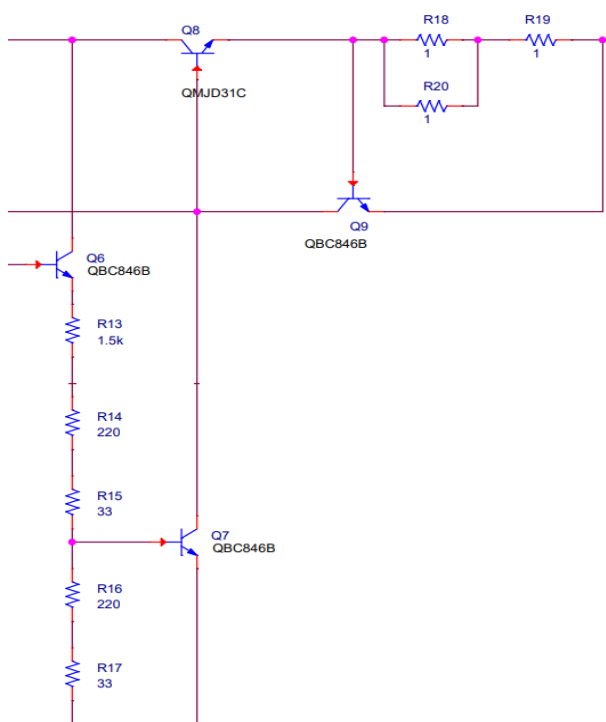


2.5 Circuit de protecție

Circuitul de protecție imunizează stabilizatorul la creșterea curentului de ieșire peste o anumită limită, precum și la depășirea unei temperaturii limită suportată de elementul de reglaj serie.

Protecția la supracurent (suprasarcină) este realizată de tranzistorul Q9 împreună cu rezistoarele R18, R20 legate în paralel și legate în serie cu rezistența R19 ce lucrează precum un convertor de curent-tensiune. Q9 trece din blocare în RAN.

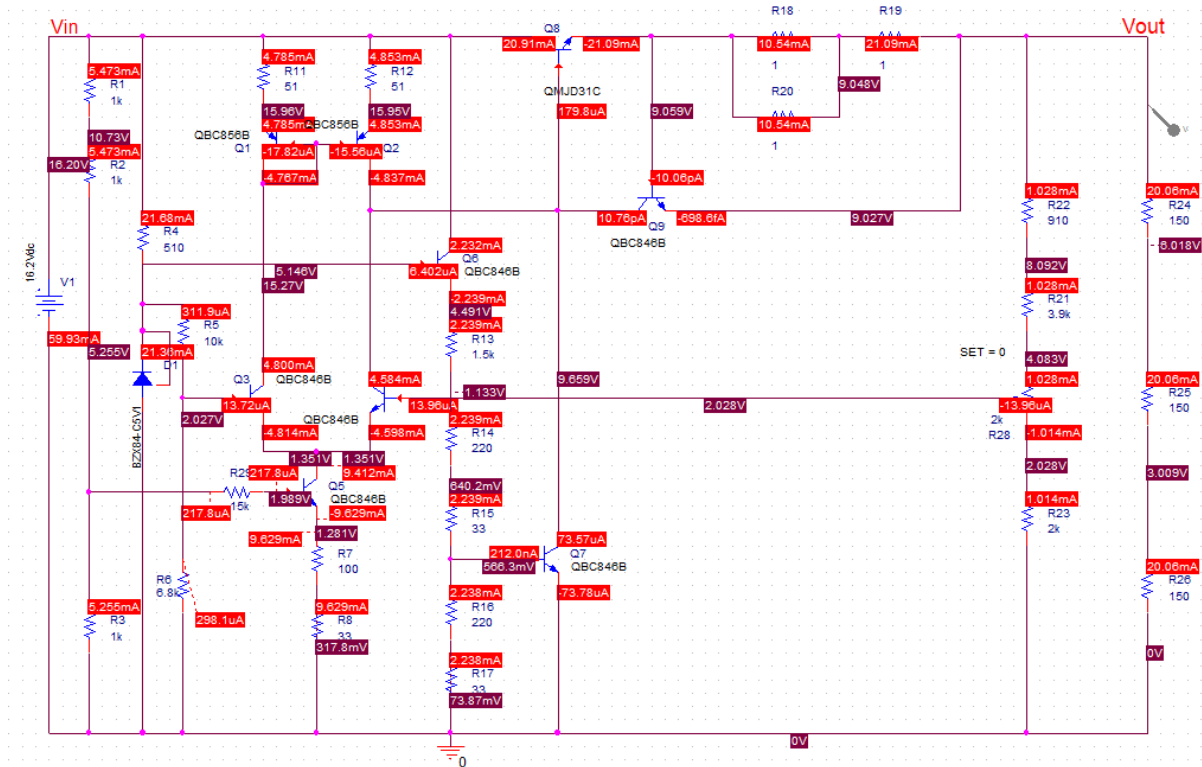
Senzorul de temperatură este format din tranzistorul Q7 împreună cu elementele ajutoare tranzistorul Q6 și divizorul rezistiv format din R13, R14, R15, R16 și R17. Tranzistorul Q20 este cuplat termic cu tranzistorul Q21 (element regulator serie), am ales valorile rezistențelor din divizorul rezistiv ținând cont de faptul că tensiunea V_{BE7} să aibă valoarea de 570 mV.



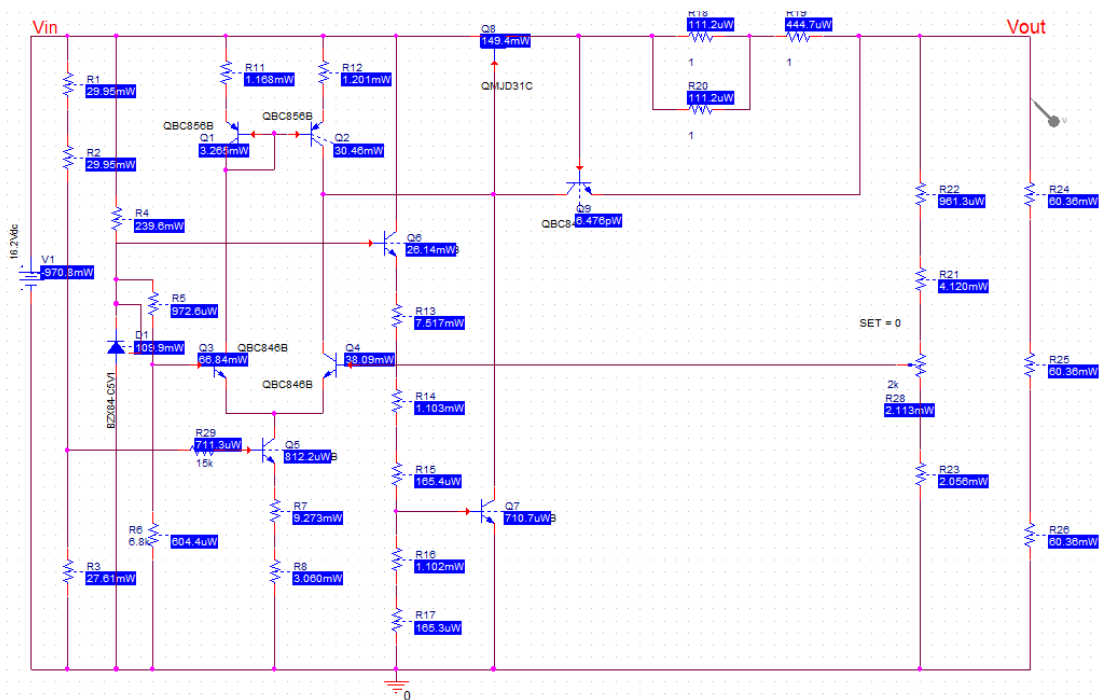
3. Rezultatele simulării SPICE

3.1 Punctul static de funcționare

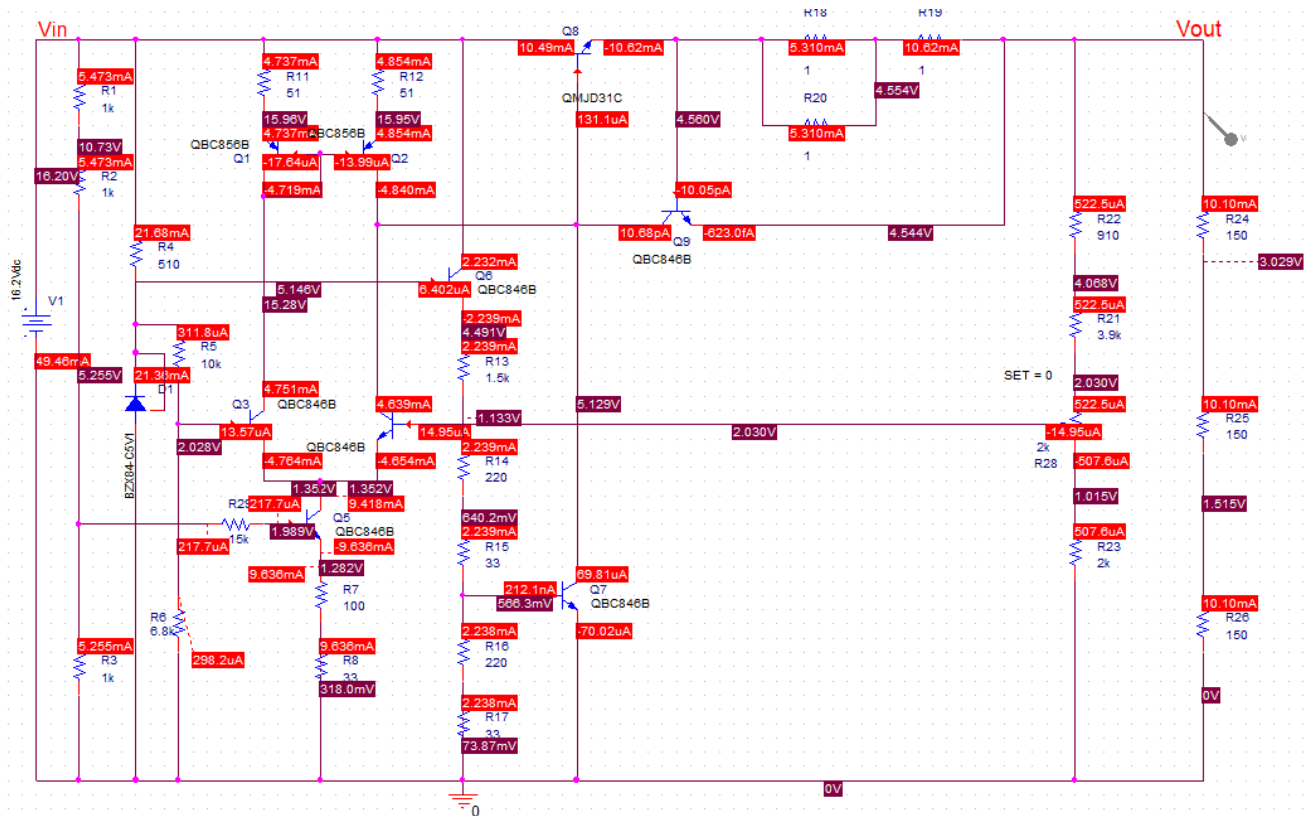
PSF (tensiune, curent) , cazul $V_{in} = 16.2\text{ V}$ și $SET = 0$



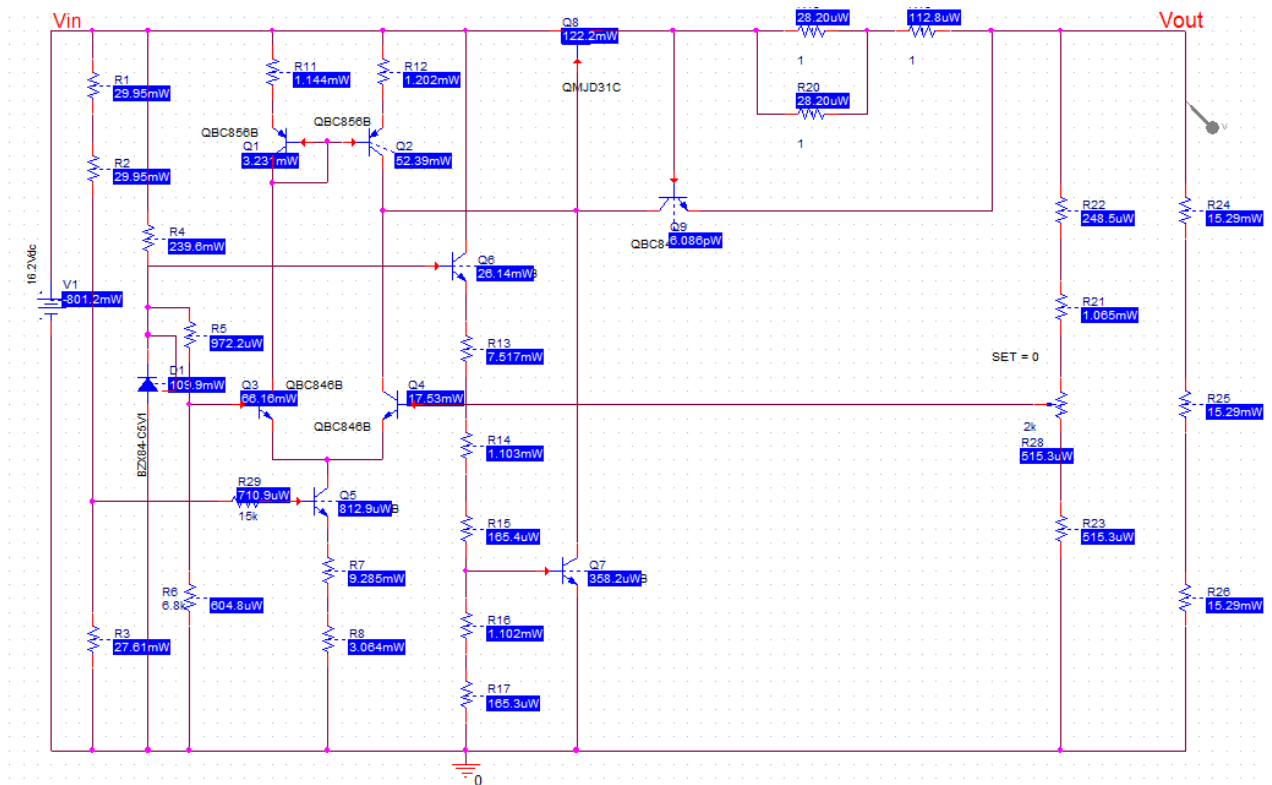
PSF (putere) , cazul $V_{in} = 16.2\text{ V}$ și $SET = 0$



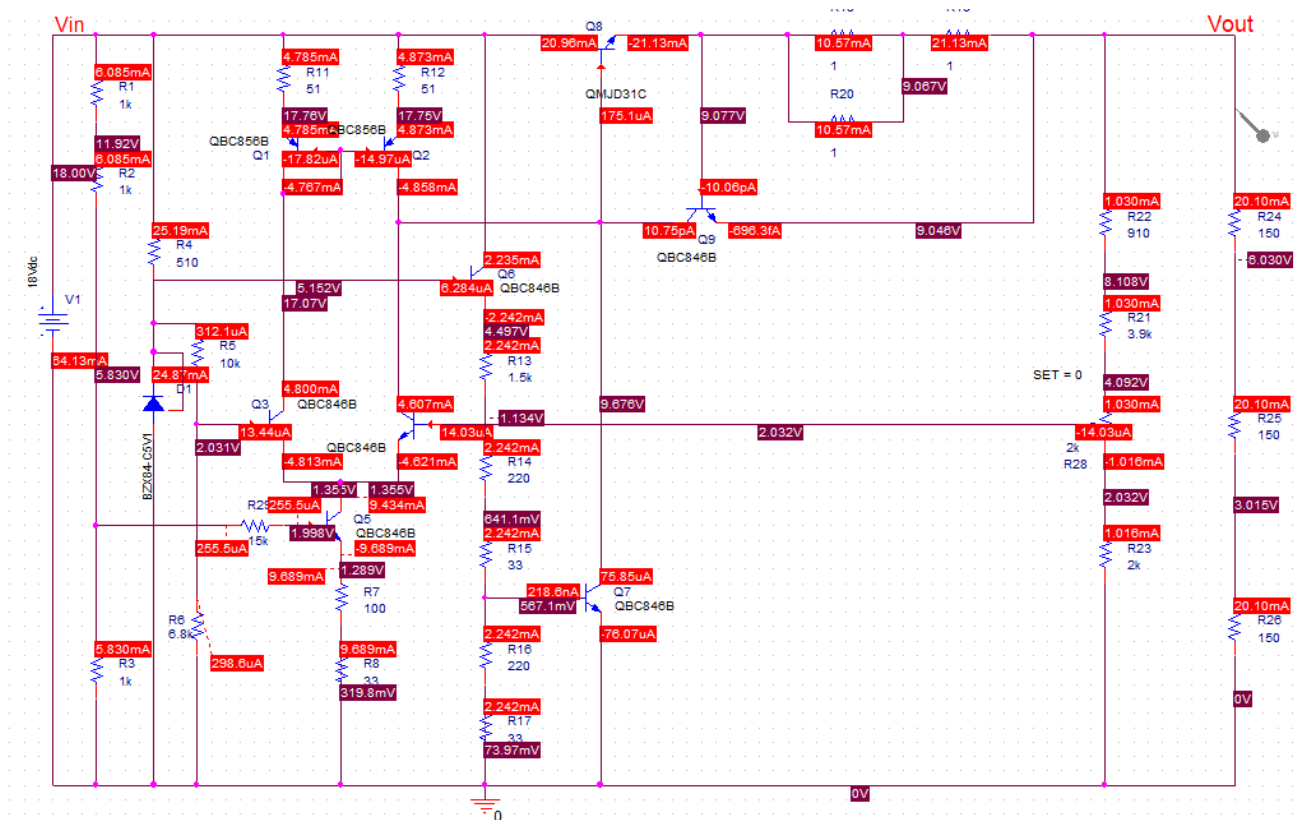
PSF (tensiune, curent) , cazul $V_{in} = 16.2 \text{ V}$ și $SET = 1$



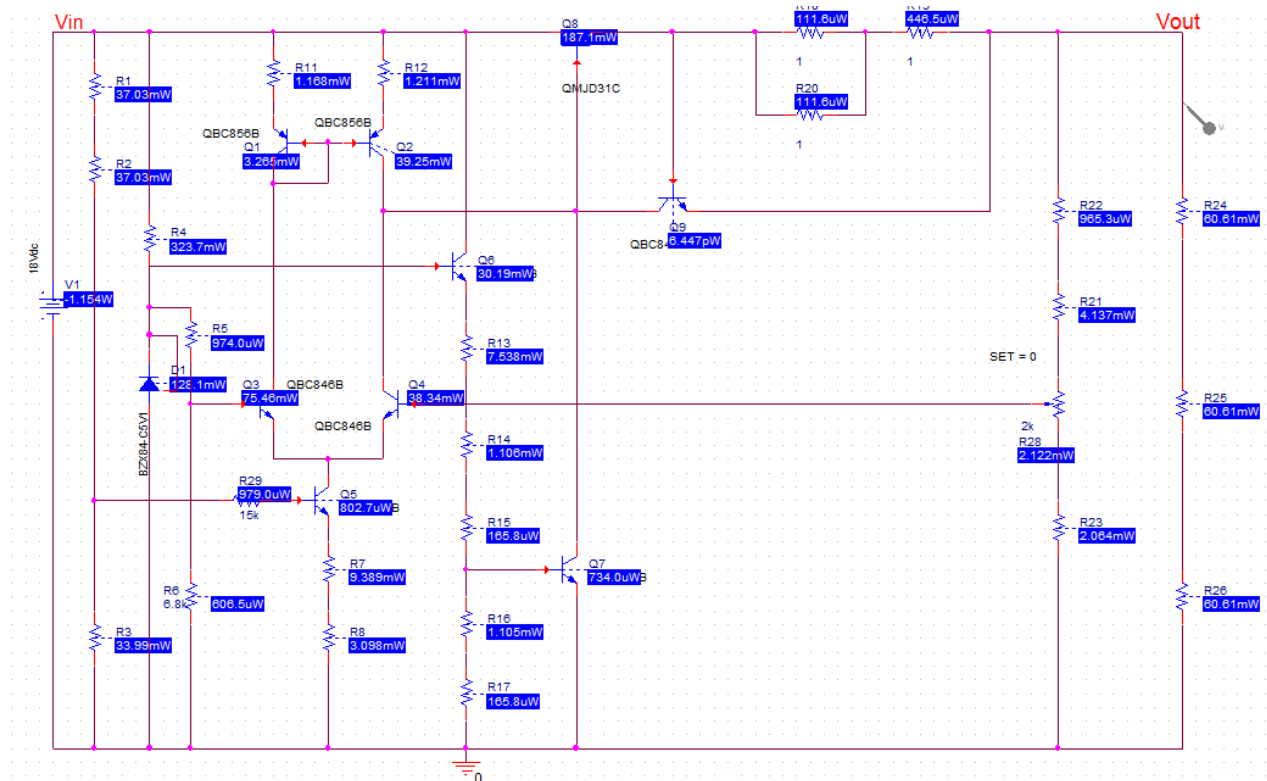
PSF (putere) , cazul $V_{in} = 16.2 \text{ V}$ și $SET = 1$

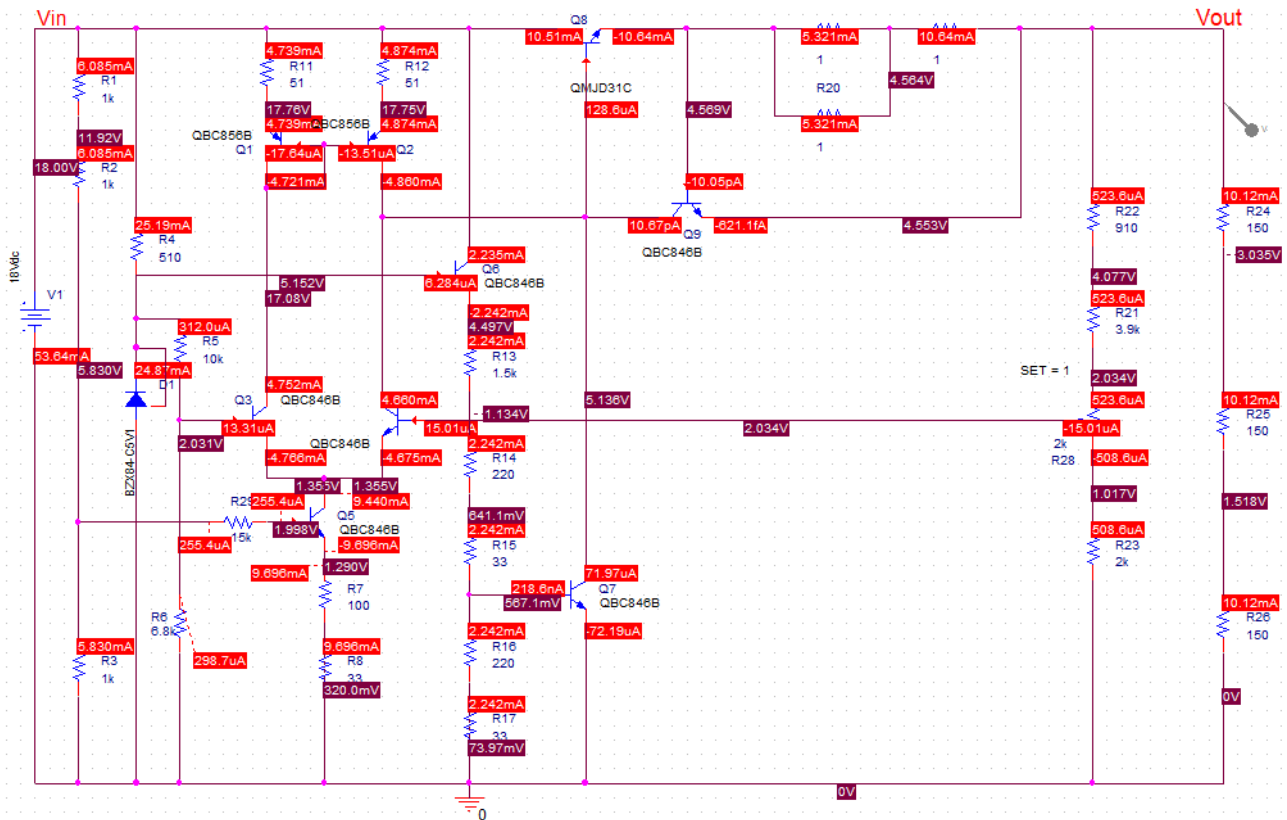


PSF (tensiune, curent) , cazul $V_{in} = 18 \text{ V}$ și $SET = 0$

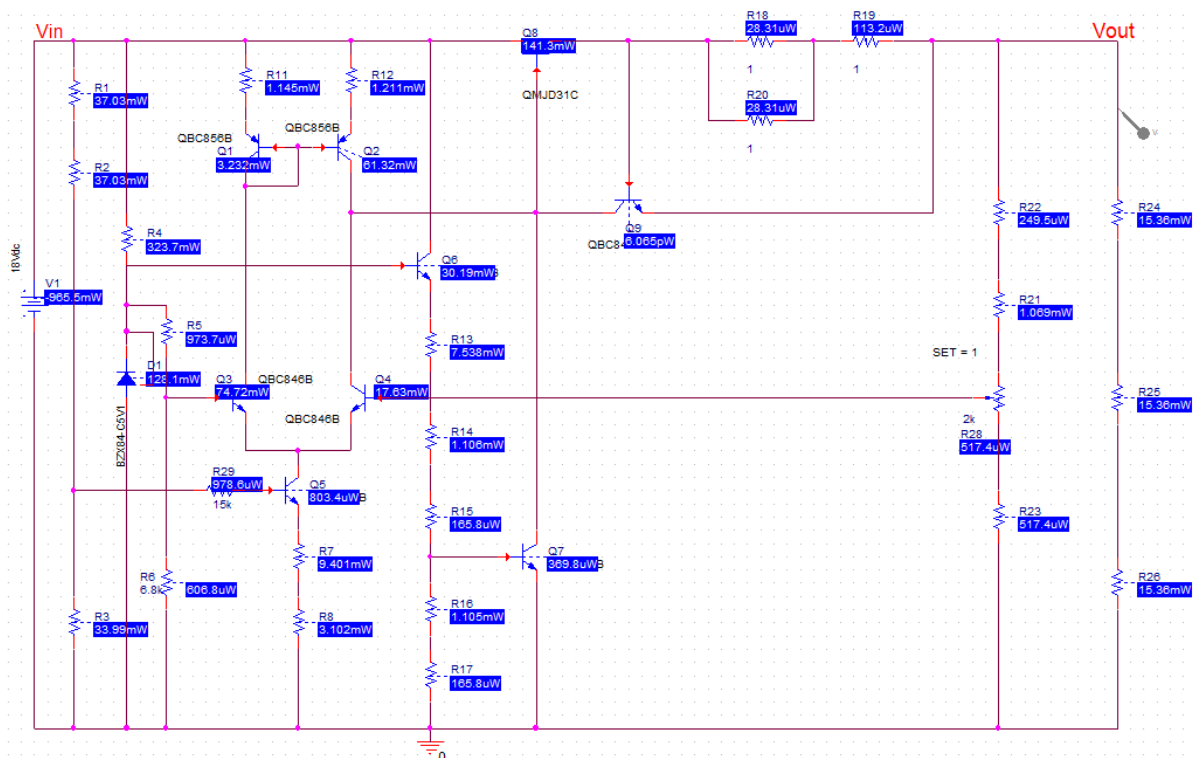


PSF (putere) , cazul $V_{in} = 18 \text{ V}$ și $SET = 0$



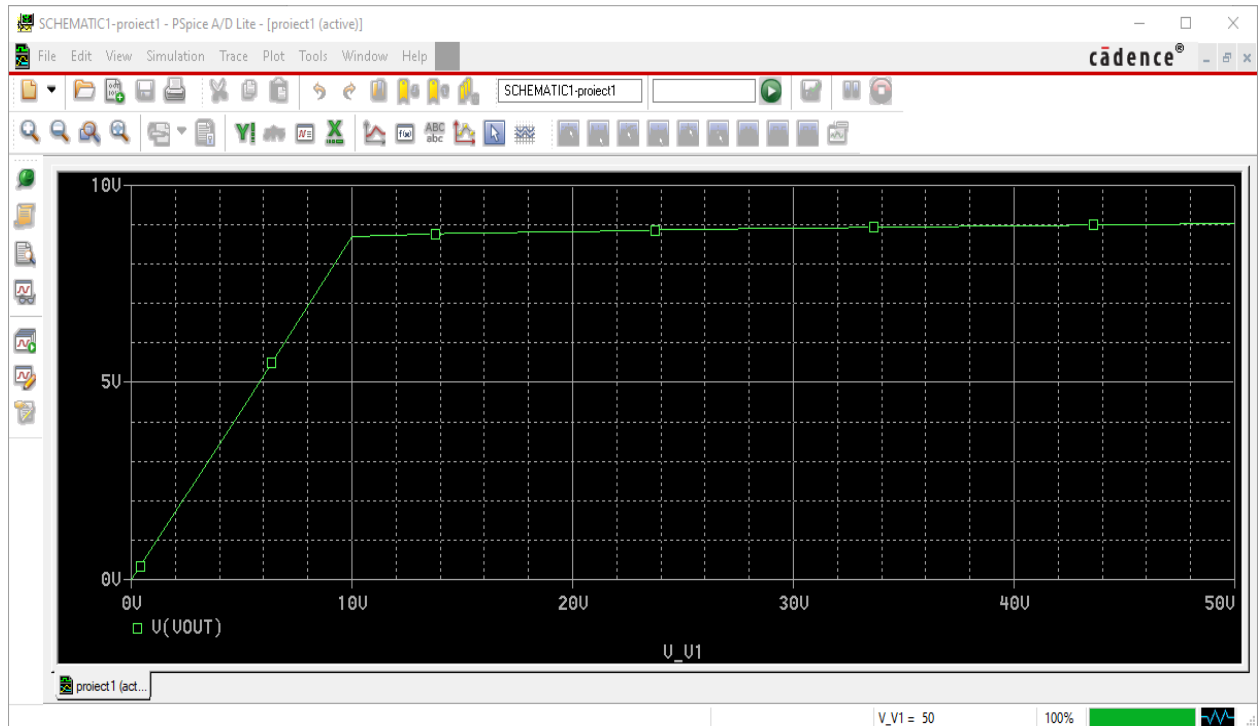
PSF (tensiune, curent) , cazul $V_{in} = 18 \text{ V}$ și $SET = 1$ 

PSF (putere) , cazul $V_{in} = 18 \text{ V}$ și $SET = 1$

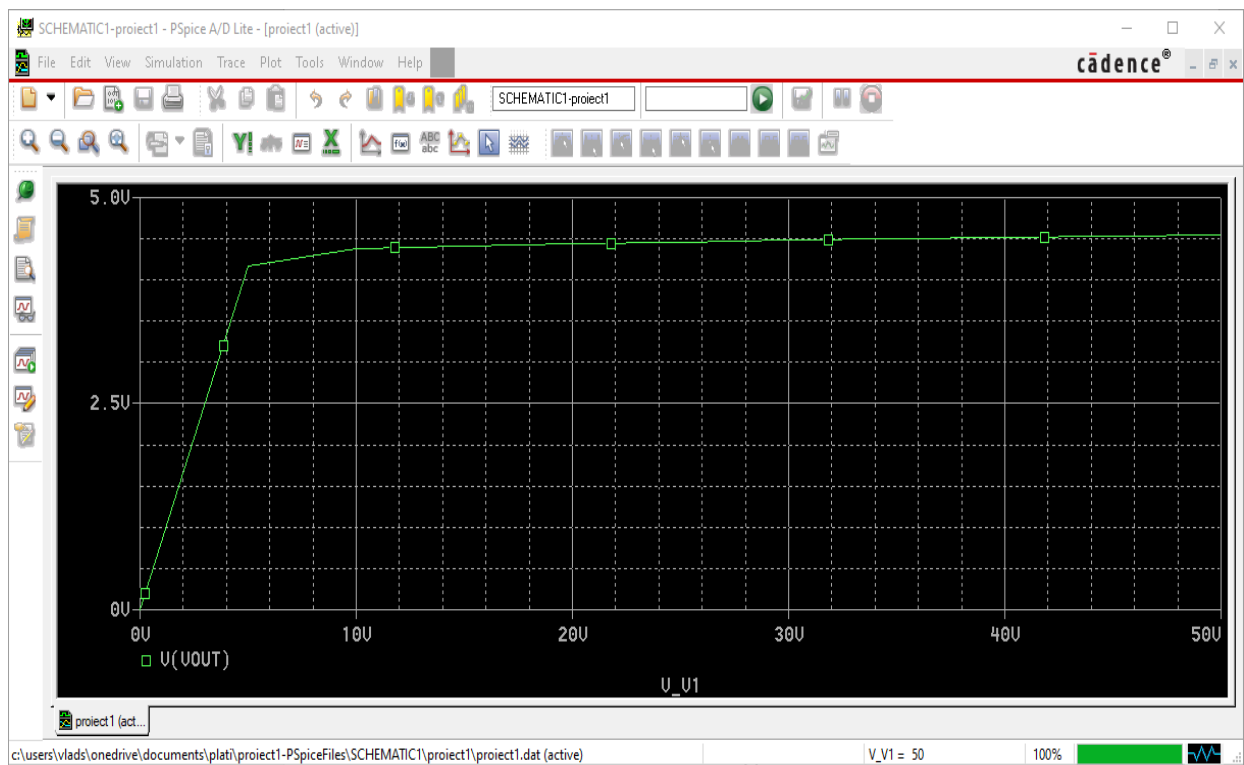


3.2 Variația tensiunii de ieșire în funcție de variația tensiunii de intrare

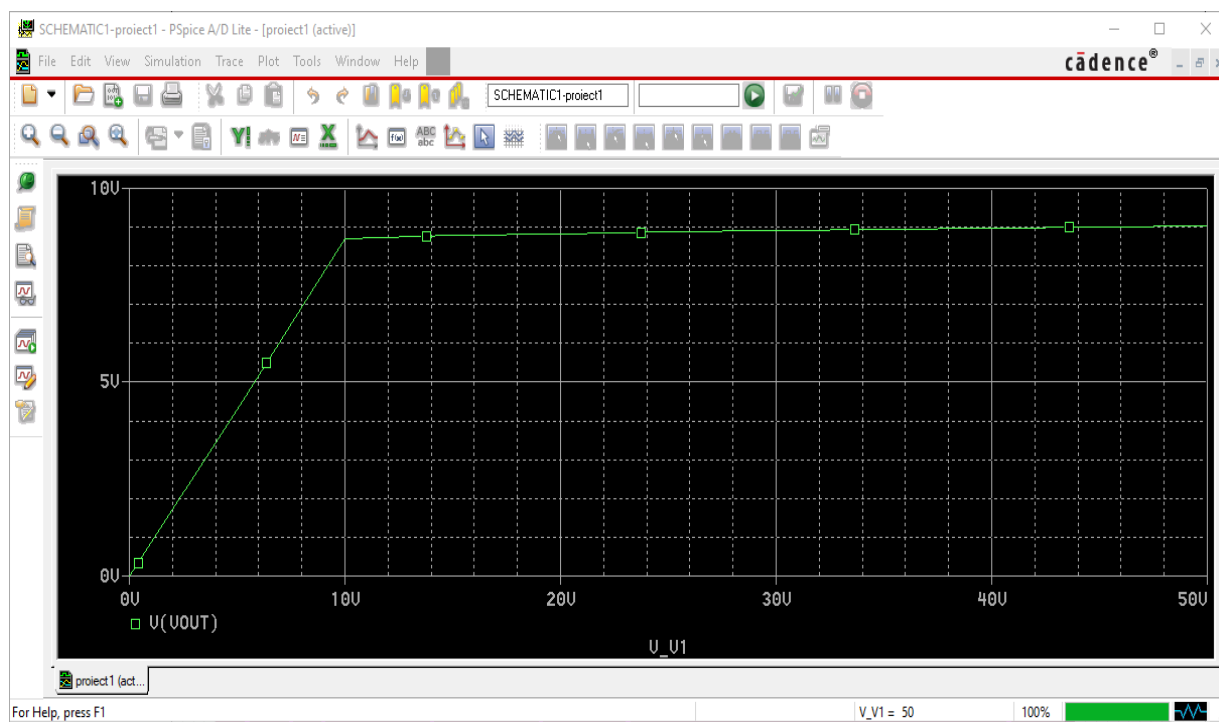
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 0$



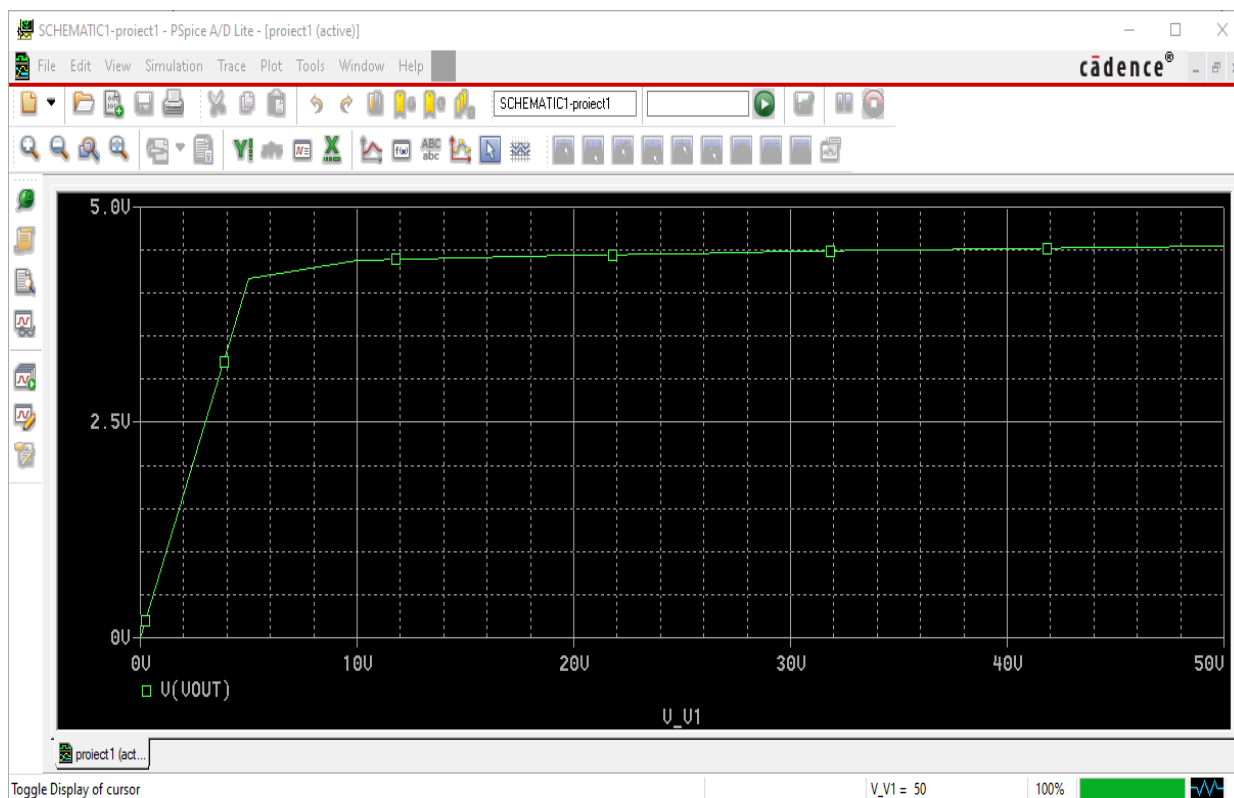
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 1$



Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 0$

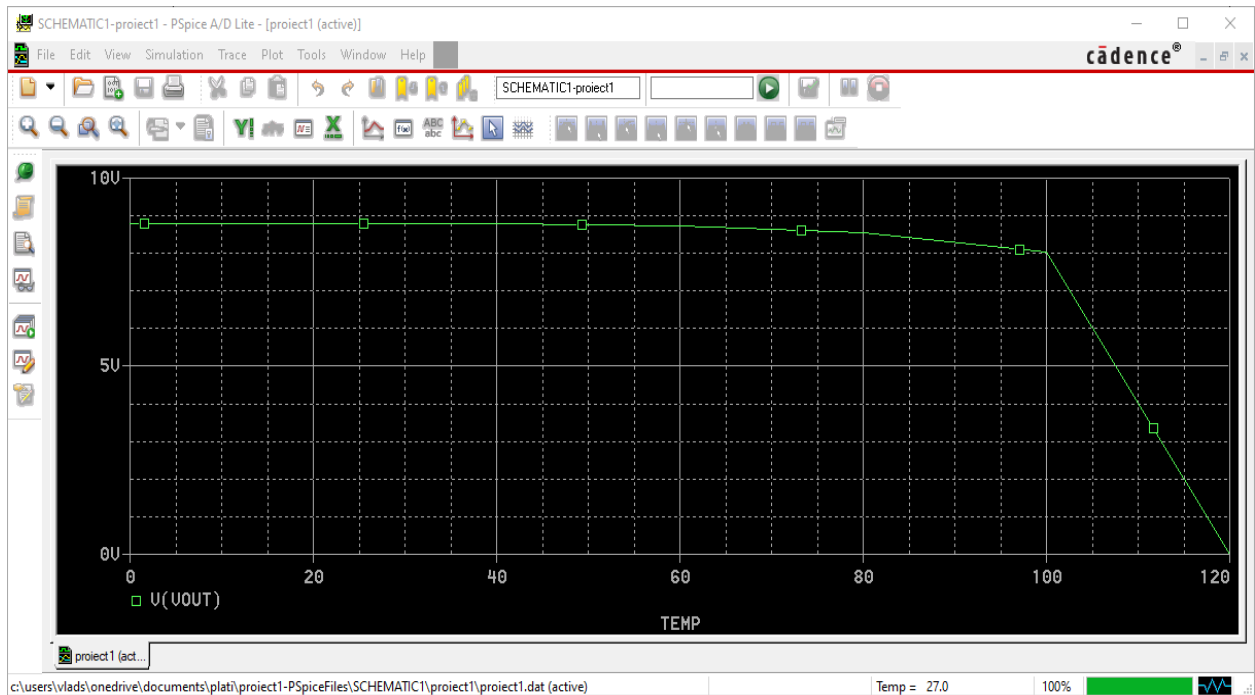


Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 1$

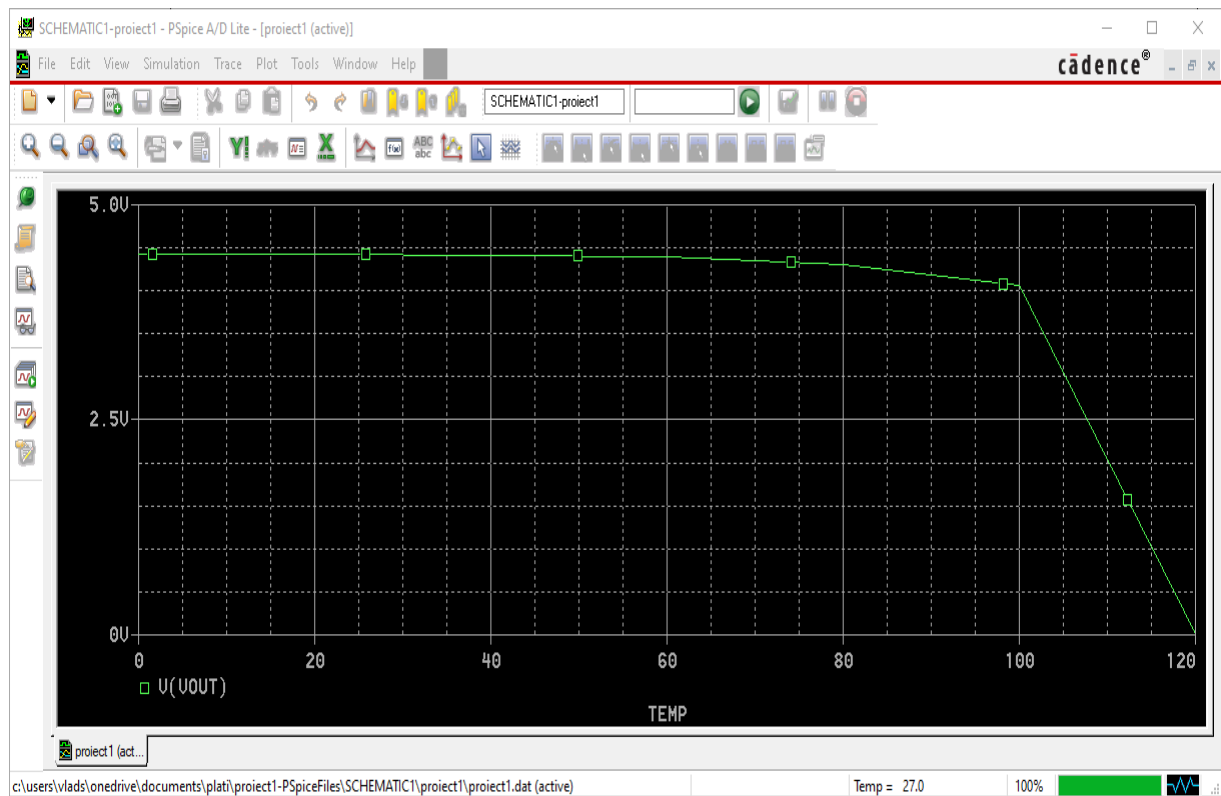


3.3 Variația tensiunii de ieșire în funcție de variația temperaturii

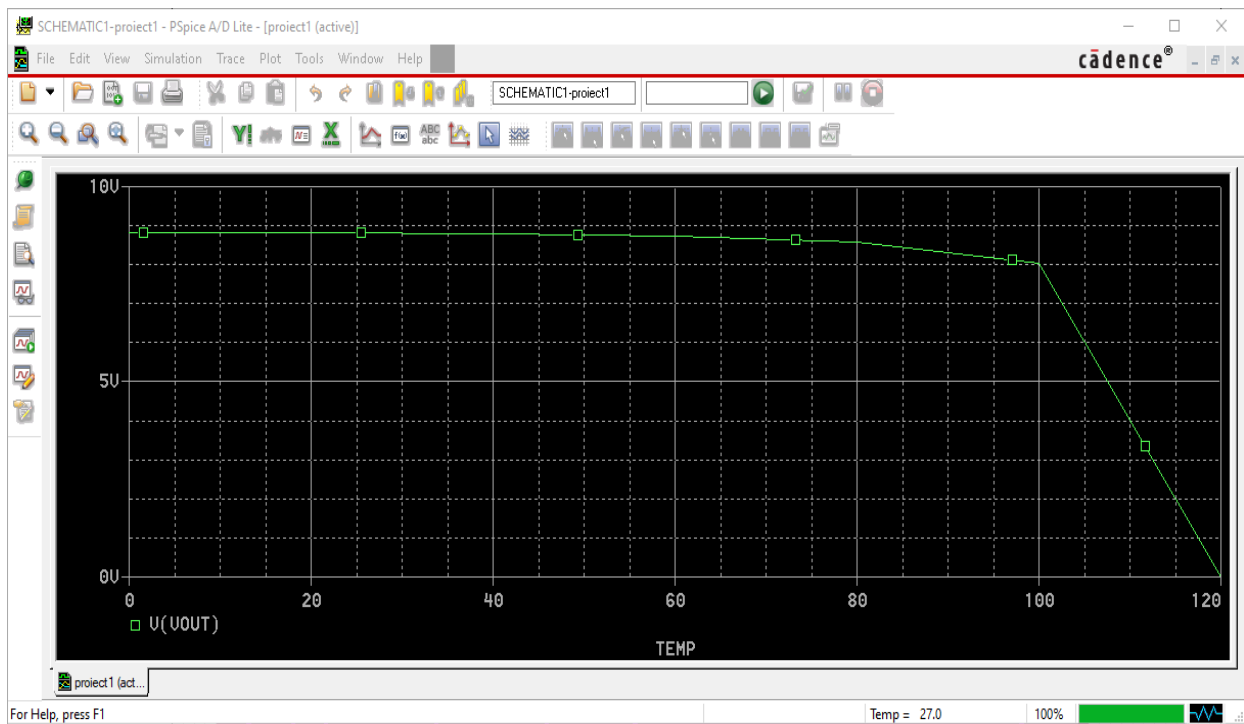
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 0$



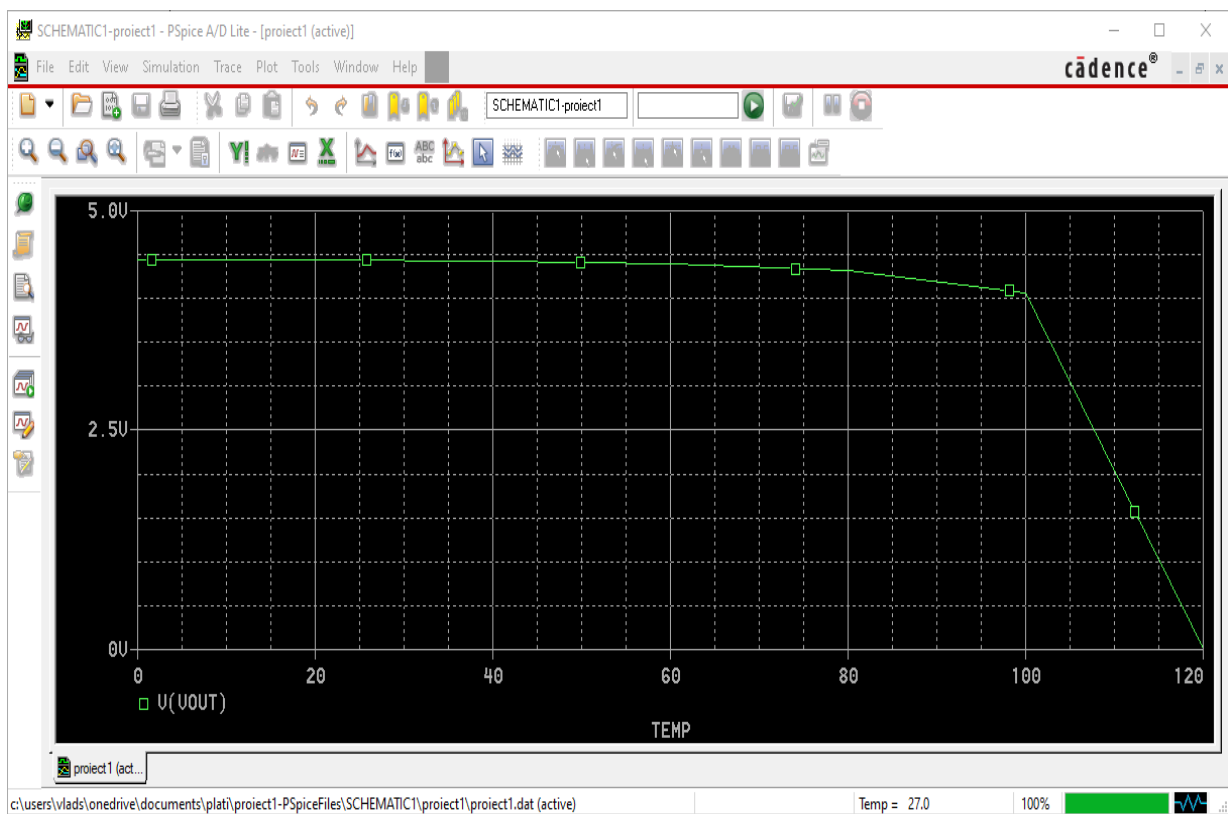
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 1$



Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 0$



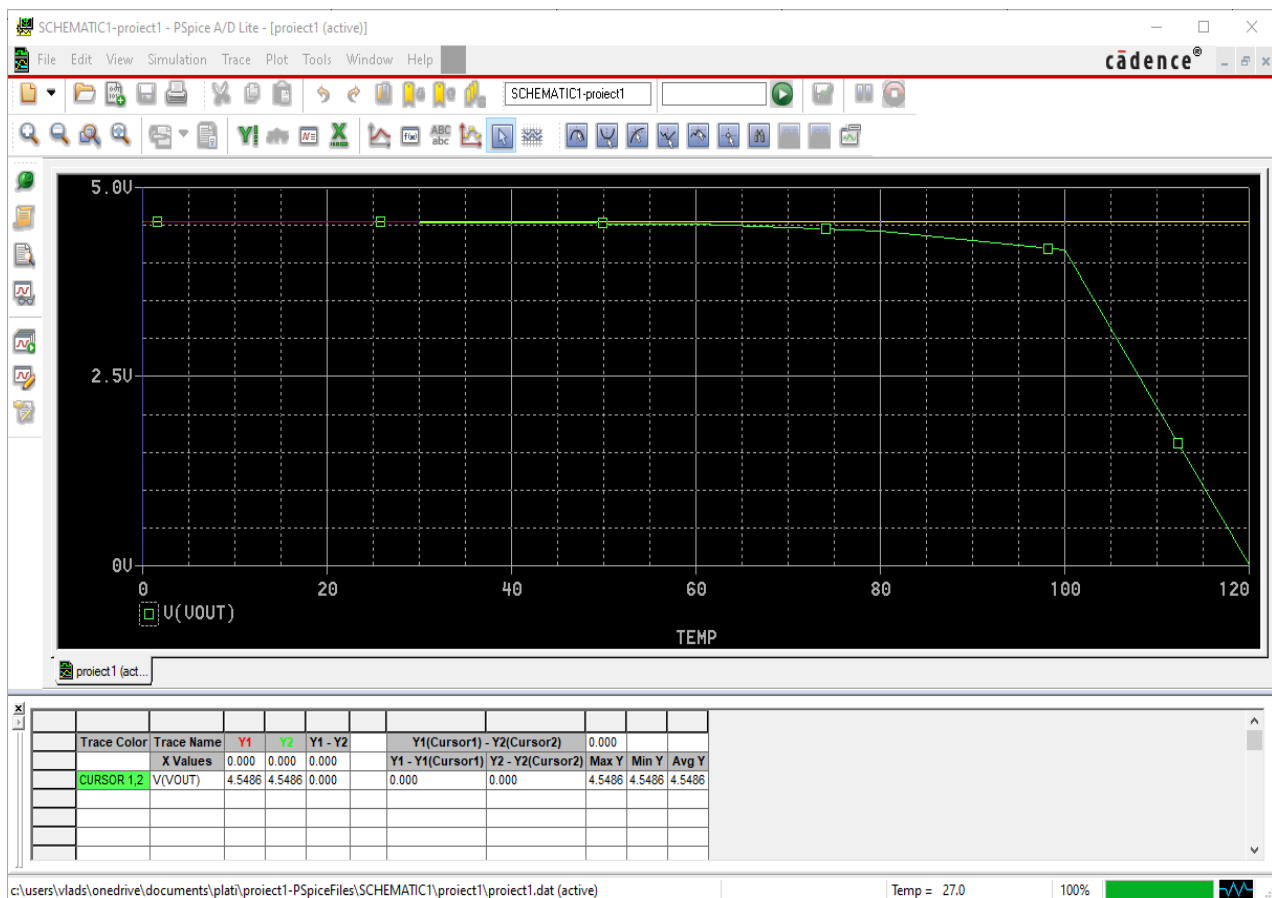
Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 1$



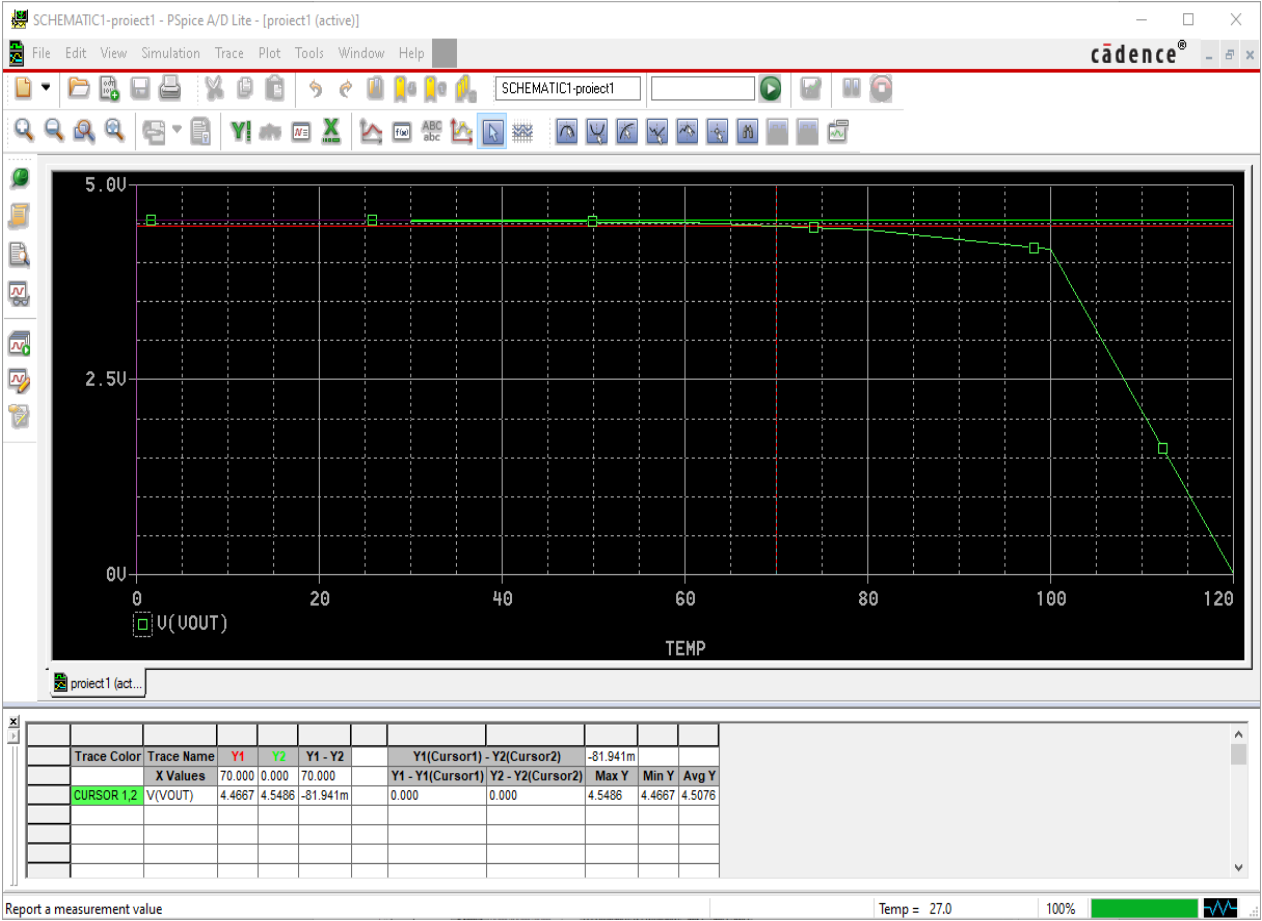
3.4 Deriva termică

Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 0$

În prima imagine se poate observa un cursor poziționat la 0°C care indică valoarea tensiunii de 4.5486V , iar în al doilea grafic la temperatura de 70°C cursorul indică valoarea de 4.4667V . Pentru a calcula deriva termică se va face diferența celor 2 tensiuni, iar rezultatul se împarte la 70.

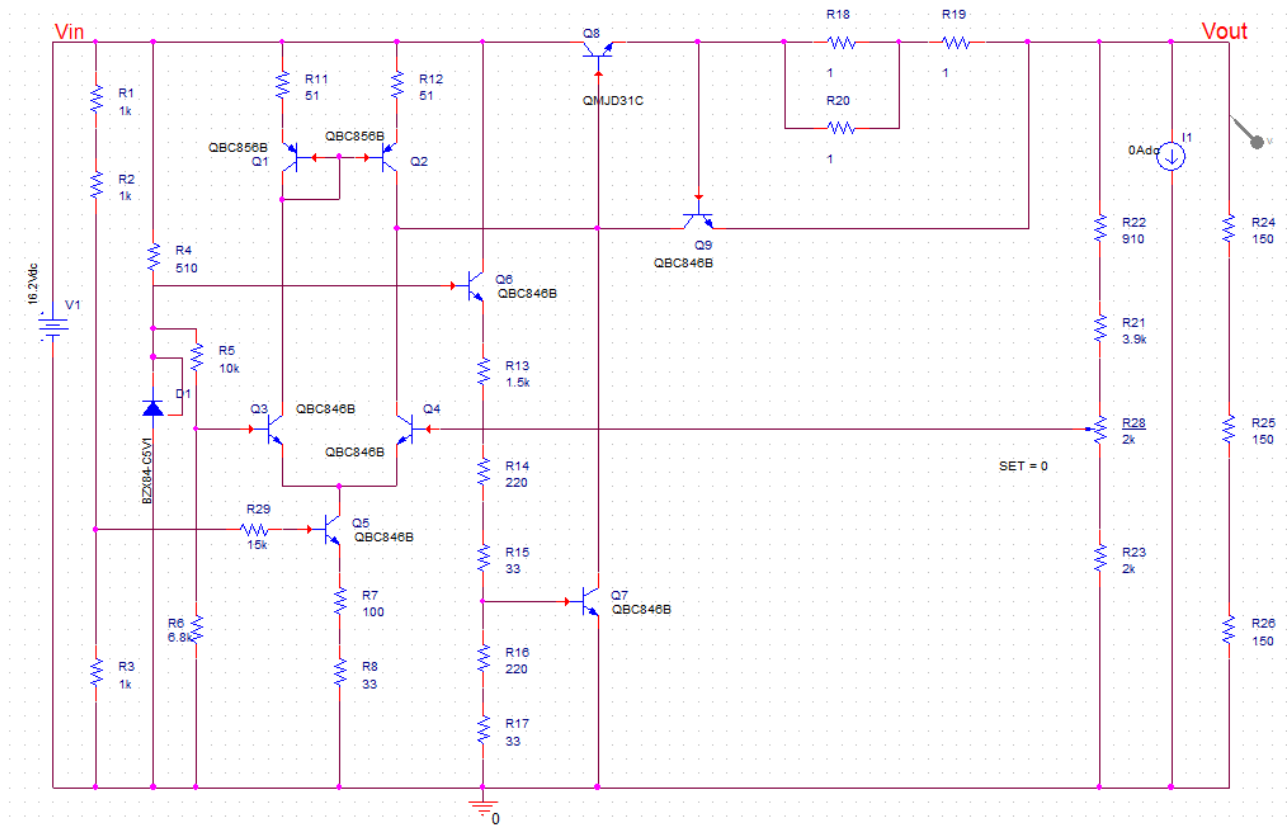


Deriva termică de tensiune: $\frac{\Delta U_{out}}{\Delta T} = 1.17 \frac{mV}{^{\circ}C}$

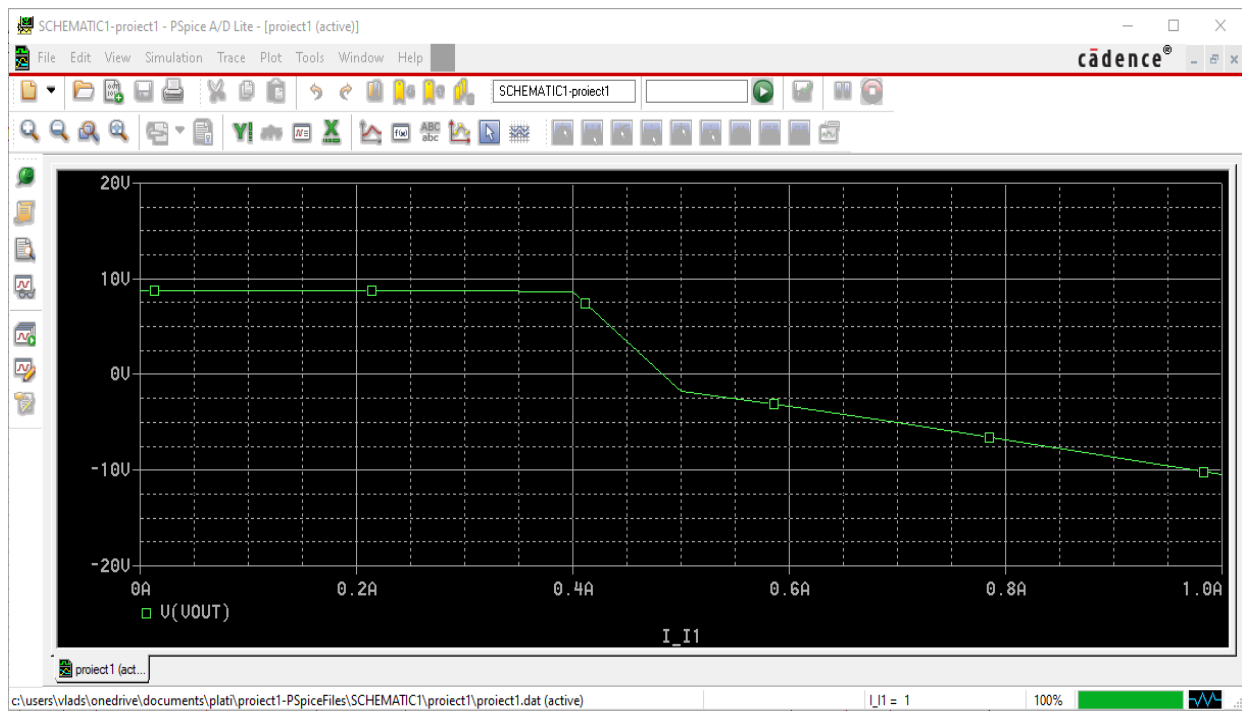


3.5 Protecția la suprasarcină

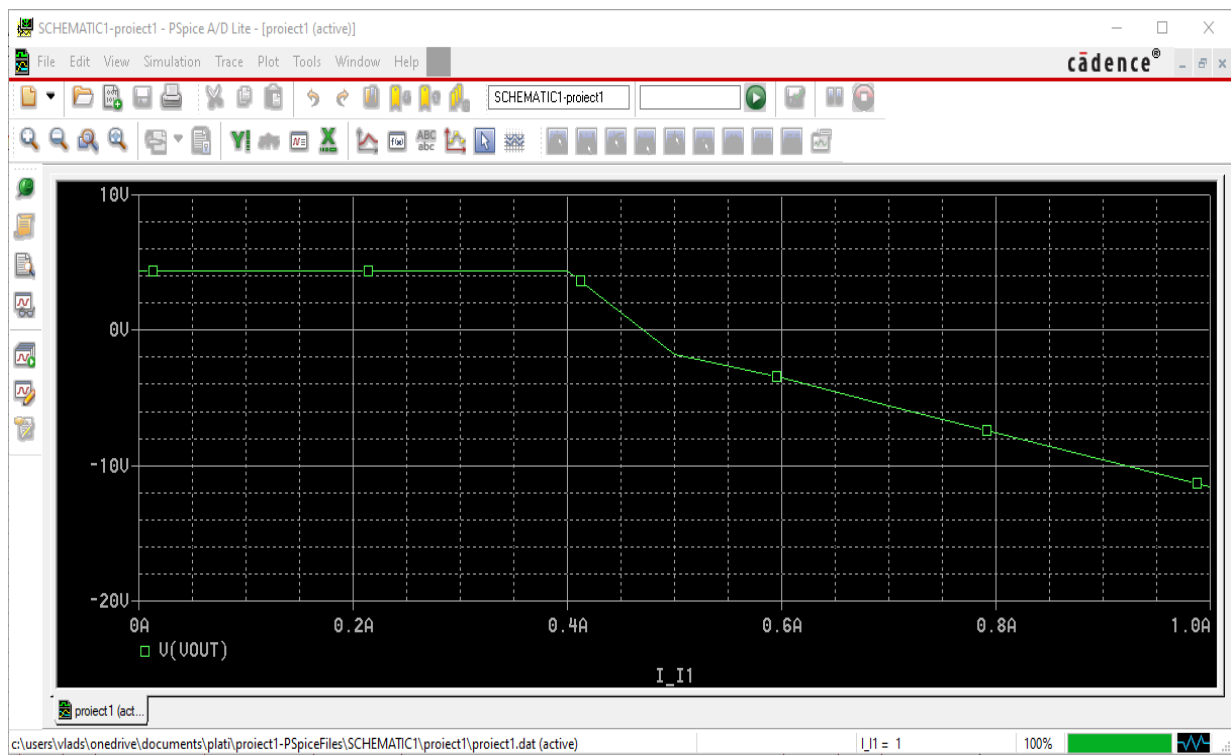
Pentru a verifica protecția la suprasarcină am mai adugat la circuit o sursă de curent continuu I_1 :



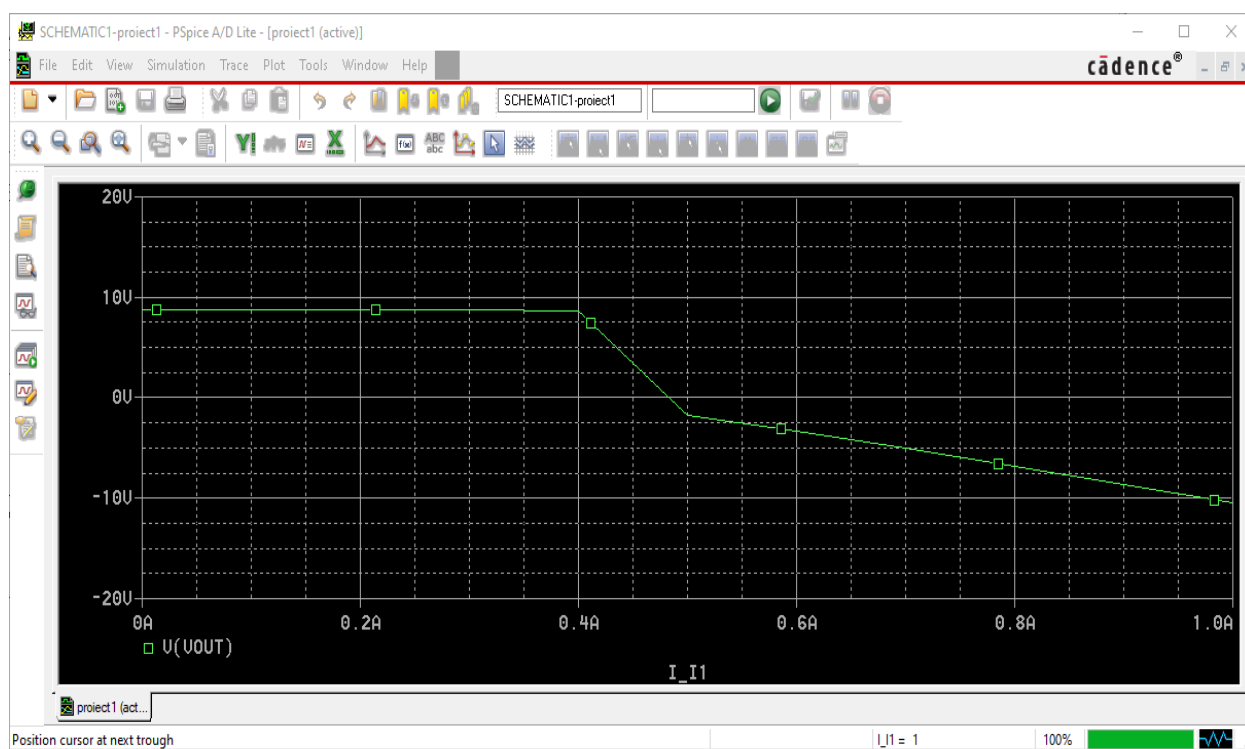
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 0$



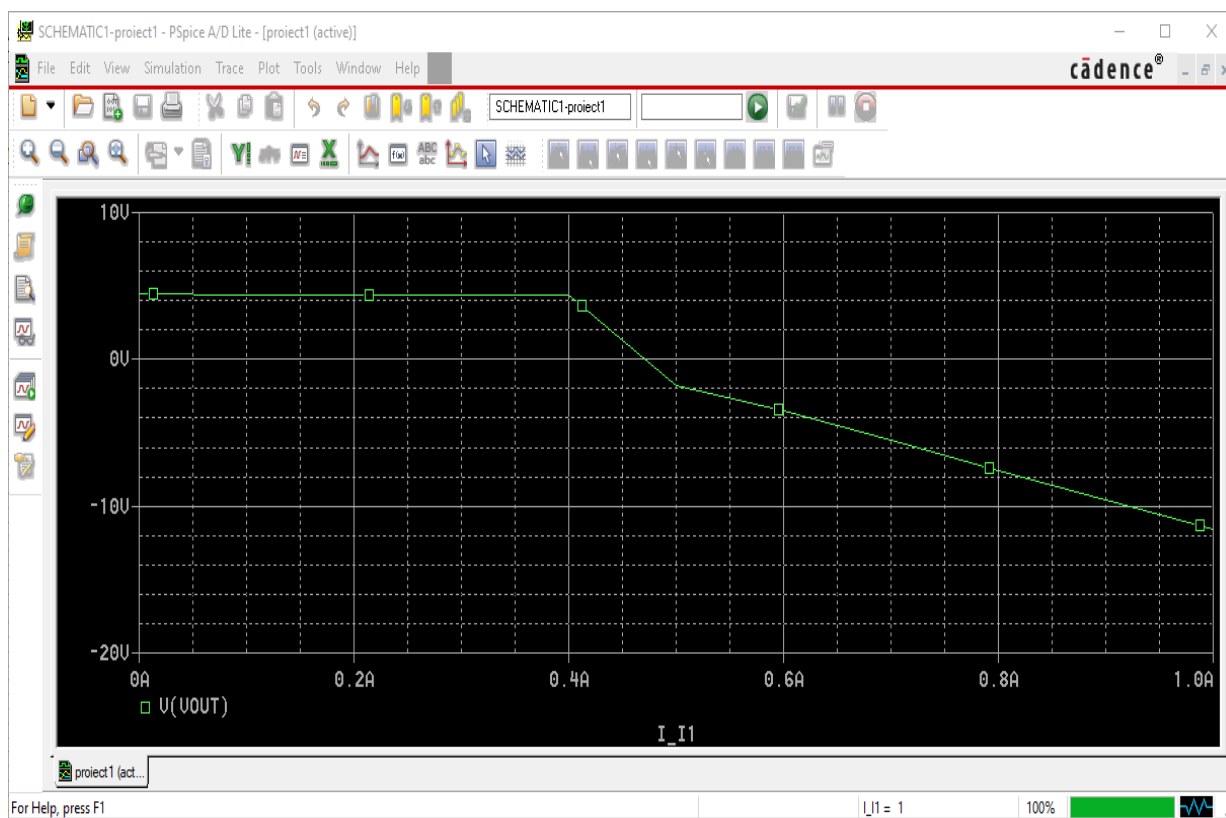
Caz $V_{in} = 16.2\text{ V}$, $SET = 1$



Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 0$

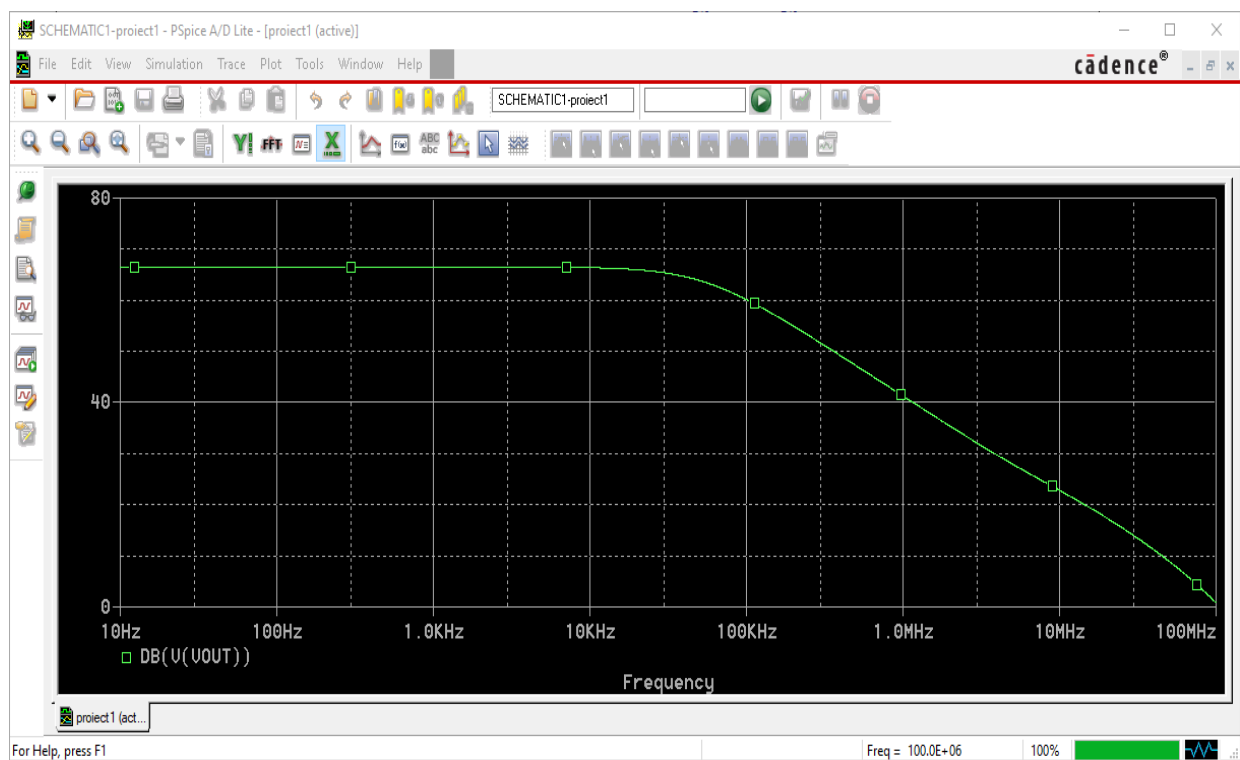
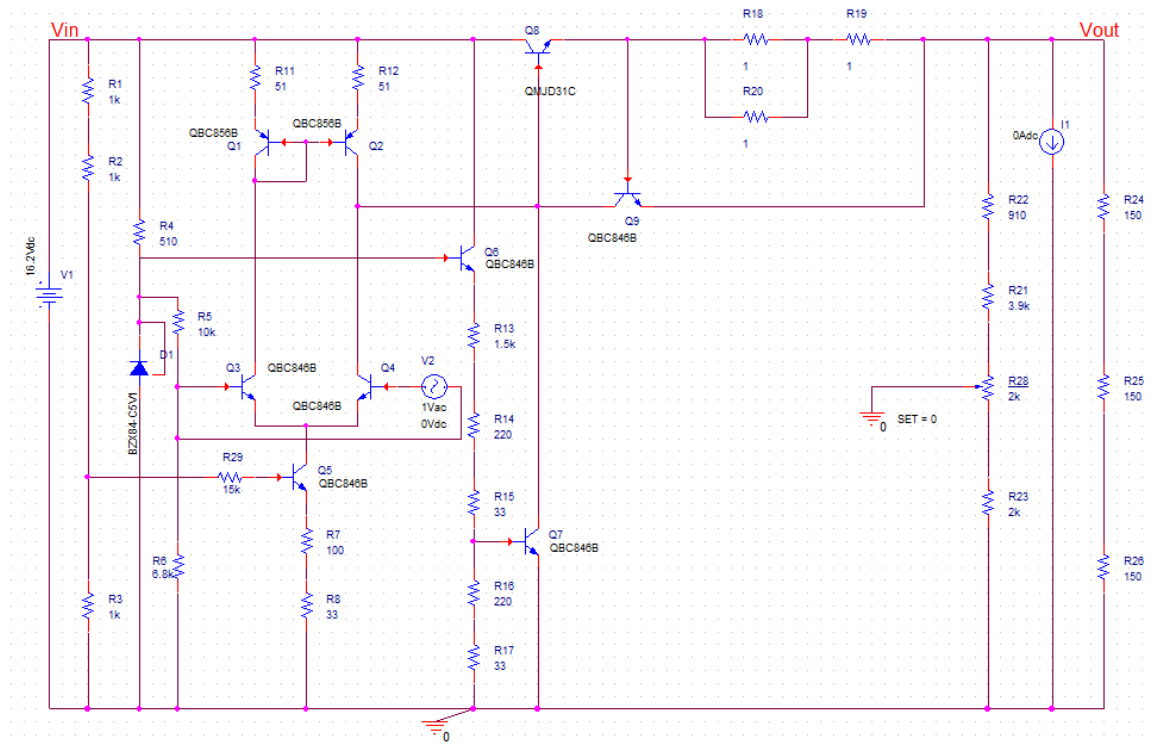


Caz $V_{in} = 18\text{ V}$, $SET = 1$



3.6 Amplificarea în tensiune minimă a amplificatorului de eroare

Pentru a verifica prin simulare că amplificatorul de eroare amplifică în tensiune minimă (în buclă deschisă) de minim 200 de ori, am deschis o nouă pagină în programul OrCAD proiectând și simulând amplificatorul de eroare.



4. Lista de piese

1:	1	1	D1	BZX84-C5V1
2:	2	2	Q1	QBC856B
3:			Q2	QBC856B
4:	3	6	Q3	QBC846B
5:			Q4	QBC846B
6:			Q5	QBC846B
7:			Q6	QBC846B
8:			Q7	QBC846B
9:			Q9	QBC846B
10:	4	1	Q8	QMJD31C
11:	5	3	R1	1k
12:			R2	1k
13:			R3	1k
14:	6	1	R4	510
15:	7	1	R5	10k
16:	8	1	R6	6.8k
17:	9	1	R7	100
18:	10	3	R8	33
19:			R15	33
20:			R17	33
21:	11	2	R11	51
22:			R12	51
23:	12	1	R13	1.5k
24:	13	2	R14	220
25:			R16	220
26:	14	3	R18	1
27:			R19	1
28:			R20	1
29:	15	1	R21	3.9k
30:	16	1	R22	910
31:	17	2	R23	2k
32:			R28	2k
33:	18	3	R24	150
34:			R25	150
35:			R26	150
36:	19	1	R29	15k

5. Bibliografie

1. D. Dascălu, A. Rusu, M. Profirescu, I. Costea, Dispozitive și circuite electronice, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983;
2. I. Ristea, C. A. Popescu, Stabilizatoare de tensiune, Ed. Tehnică, 1983;
3. G. Brezeanu, F. Drăghici, Circuite electronice fundamentale, Ed. Niculescu, București, 2013;
4. Norocel Codreanu, Ciprian Ionescu, Mihaela Pantazică, Alina Marcu, "Tehnici CAD de realizare a modulelor electronice - suport de curs și laborator", Editura Cavallioti, PIM , Iași, Decembrie 2017;
5. <http://www.cetti.ro/v2/tehniciad.php>.