

Proiect Dispozitive și Circuite Electronice

Stabilizator liniar de tensiune

-tema de proiectare-

Nume : Cimpoeu Ana-Maria
Grupa :431C

Prof. Coordonator: Cristea Miron Jean
Draghici Niculina

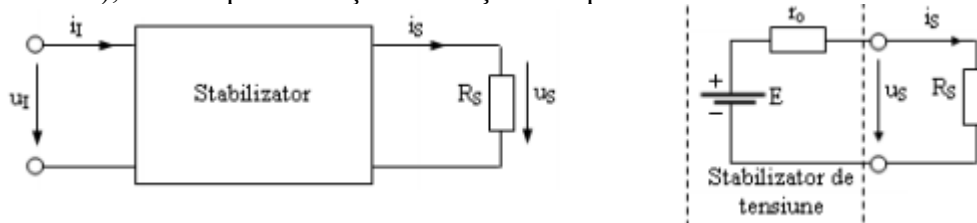
1. Tema proiectului

N=6

Se dorește proiectarea unui stabilizator de tensiune continuă cu următoarele cerințe:

- tensiunea la ieșire fixă de 9 V;
- curentul de ieșire în intervalul 0-1A;
- tensiunea de intrare 30-40V;
- protecție termică la 100°C ;
- protecție la supratensiune și supracurent;
- N este numărul de ordine din lista grupei generată

Aparatura electronică necesită tensiuni de alimentare continue pentru o funcționare corectă. Tensiunea obținută la ieșirea unui redresor cu filtru are, pe lângă componenta continuă (dependentă de tensiunea rețelei), și o componentă variabilă (ondulatorie). În plus, această tensiune scade mult cu creșterea curentului de sarcină (caracteristica externă este descrescătoare), fiind dependentă și de variațiile temperaturii.



Un stabilizator de tensiune ideal asigură la ieșire o tensiune independentă de variațiile tensiunii de intrare, ale curentului de sarcină sau ale temperaturii.

Observație: Stabilizatorul real minimizează aceste variații la valori nepericuloase pentru circuitul de sarcină.

Clasificarea stabilizatoarelor după structură:

- stabilizatoare serie; Elementul regulator al tensiunii stabilizate se află în serie cu ieșirea stabilizatorului (circuitul de sarcină).

- stabilizatoare derivație; Elementul regulator al tensiunii stabilizate se află în derivație cu ieșirea stabilizatorului (circuitul de sarcină). Clasificarea stabilizatoarelor după principiul de funcționare:

- stabilizatoare parametrice; Au structura cea mai simplă, bazându-și funcționarea pe neliniaritatea caracteristicii curent-tensiune a dispozitivului electronic utilizat (în general se utilizează o diodă stabilizatoare).

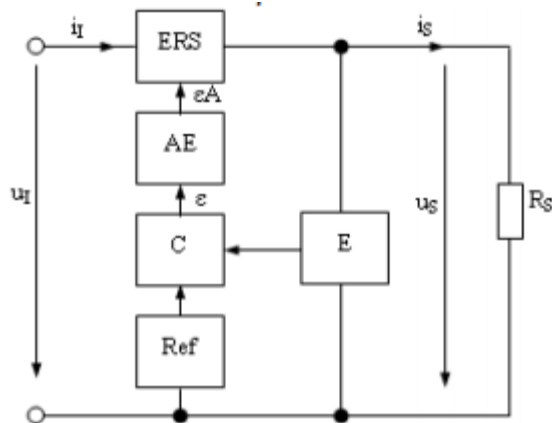
- stabilizatoare electronice liniare cu reacție; Se realizează stabilizarea prin intermediul unei reacții negative, dispozitivele electronice folosite lucrând liniar. Se pot considera (într-o primă aproximație) că aceste stabilizatoare sunt circuite electronice liniare.

- stabilizatoare în regim de comutație; Sunt stabilizatoare electronice cu reacție, în care elementul regulator al tensiunii de ieșire lucrează în regim de comutație, crescând astfel randamentul stabilizatorului.

Principiul de funcționare: Schema bloc a stabilizatorului electronic de tip serie cu reacție este prezentat în figura de mai jos. Tensiunea de ieșire este eșantionată cu circuitul de eșantionare E și comparată în circuitul de comparație C cu tensiunea obținută de la sursa de referință Ref.

Semnalul de eroare produs de comparator este amplificat cu ajutorul amplificatorului de eroare AE, fiind aplicat în final elementului de reglaj serie ERS.

Creșterea tensiunii de ieșire (datorită creșterii tensiunii de intrare sau a scăderii curentului de sarcină) produce o scădere a curentului în ERS, (de obicei un tranzistor) și deci o creștere a tensiunii pe acesta, care reduce din creșterea inițială a tensiunii de ieșire. ERS suportă întreg curentul de sarcină



Schema bloc a stabilizatorului de tip serie cu amplificator de eroare

Referința de tensiune

Referința de tensiune este realizată cu o diodă Zener alimentată de la sursă de curent constant, astfel tensiunea pe dioda va avea o deriva foarte mică. Am ales o diodă de tip BZX84-C2V7, aceasta are o tensiune de străpungere constantă de aproximativ 2.7V în condițiile în care este alimentată cu un curent de 10mA.

Ca sursă de curent constant a fost realizată cu Q11, Q12 și rezistoarele aferente. Funcționarea ei este explicată la amplificatorul de eroare, unde se mai folosesc două surse identice cu aceasta.

Curentul prin sursă se poate calcula după relația:

$$I_{c11} = (V_{cc} - V_{be}) / (R_3 + R_{18})$$

Curentul cu care va fi alimentată dioda Zener este de circa 10mA, deci puterea maximă pe care trebuie să o disipe este de $2.7V \times 10mA = 27mW$, putere mult mai mică decât puterea maximă de 300mW specificată de producător în foaia de catalog.

Amplificatorul de eroare

Rolul acestui amplificator este de a realiza atât o amplificare în tensiune cât și una în curent, din acest motiv se utilizează etaje dedicate pentru fiecare dintre aceste sarcini.

Etajul de intrare are ca rol principal realizarea unei adaptări între sursa de semnal și amplificator dar acesta este în același timp principalul etaj responsabil pentru rejectarea ripple-ului sursei de alimentare deci cel care stabilește raportul semnal-zgomot.

Etajul diferențial este cel mai performant tip de etaj utilizat la intrare, însă caracteristicile acestuia pot fi mult îmbunătățite utilizând anumite elemente adiționale.

Etajul diferential este realizat in principal cu tranzistoarele Q_4 si Q_5 . Pentru a imbunatati performantele acestuia in ceea ce priveste stabilitatea, viteza, castigul si raportul semnal zgomot, vom utiliza alte etaje auxiliare (sursa de curent constant, oglinda de curent).

Curentul prin etajul diferential va fi dictat de valoarea rezistorului R_{16} si de dioda Zener, astfel se obtine o sursa de curent constant.

Pentru a determina raportul I_o/I_{ref} se aplică teorema a II-a lui Kirchhoff pe ochiul format din jonctiunile bază-emitor ale celor două tranzistoare și cele două rezistoare din emitoarele tranzistoarelor.

Daca presupunem ca avem un factor de amplificare in current suficient de mare pentru a neglija curentii de baza in raport cu cei de collector putem scrie urmatoarea relatie:

Curentul prin sursa se poate calcula dupa relatia:

$$I_{c16} = (V_Z - V_{BE}) / R_{16}$$

Dorim sa stabilim un curent de aproximativ 1mA prin cele doua tranzistoare, asadar alegem $R_{16} = 2k\ \Omega$, rezistor cu pelicula de carbon cu toleranța 5% de 250mW.

Etajul diferential este realizat cu tranzistoare bipolare NPN de tipul BC846, acestea indeplinesc conditiile de functionare sigura pentru ca tensiunea de alimentare este de 24V iar curentul de colector nu poate depasi 1mA (curentul se imparte egal prin cele doua tranzistoare).

Pentru a realiza o impartire egala a curentului dat de sursa de curent constant prin cei doi tranzistori din etajul diferential vom utiliza o oglinda de curent realizata cu Q_1 , Q_2 , R_1 si R_2 .

Oglinda de curent poate fi realizata foarte usor folosind doua tranzistoare bipolare pentru ca la aceste tranzistoare exista o dependenta puternica intre curentul de colector si tensiunea baza-emitor.

Deoarece Q_1 si Q_2 vor avea aceeasi tensiune baza-emitor si curentii lor de colector vor fi egali, pentru a echilibra eventualele diferente de curent vom utiliza doi rezistori in serie cu emitorul tranzistoarelor.

Pe rezistorii R_2 si R_3 dorim sa se produca o cadere de tensiune de aproximativ 50mV pentru a compensa eventualele diferente de tensiune dintre cele doua jonctiuni baza-emitor.

$R_2 = R_3 = 50mV / 1mA$, de unde rezulta o valoare de 47 ohmi pentru acestia. Se utilizeaza rezistori cu pelicula de carbon de 250mW.

Realizarea unei sarcini active presupune înlocuirea rezistenței de sarcină din colectorul tranzistorului amplificator cu un tranzistor. Analizând un etaj de amplificare realizat cu tranzistor bipolar și sarcină rezistivă, rezultă ca valoarea amplificării in tensiune depinde de rezistorul din collector. Astfel se poate înlocui cu un tranzistor a cărui rezistență de ieșire dinamică, la aceeași valoare a curentului de static, este mult mai mare decât RC. Sarcina dinamica este realizata de oglinda de current Q_1 si Q_2 .

Etajul pilot sau amplificator in tensiune este realizat cu un tranzistor Q3 de tipul bipolar PNP model BC856. Acesta alcatuieste un etaj de tip emitor comun cu o amplificare foarte mare in tensiune si are ca sarcina o sursa de curent constant realizata cu Q7, Q8, R13, R14 si R11.

Pentru a putea comanda etajul final dorim un curent de aproximativ 10mA prin tranzistorul Q3, astfel alegem R11 dupa formula:

Curentul prin sursa se poate calcula dupa relatia:

$$I_{c7} = (V_{cc} - V_{be}) / (R_{13} + R_{11})$$

Alegem un rezistor cu pelicula de carbon de 250mW, acesta nu va disipa mai mult de 100mW.

Tranzistorii Q7 si Q8 sunt ambii de tipul BC846 in capsula SMD de tip SOT-23.

Elementul regulator serie

Elementul regulator serie (Q23) este ultimul bloc al regulatorului si el face adaptarea catre impedanta sarcinii, dorim ca acest etaj sa amplifice in curent iar in tensiune sa aiba o amplificare unitara.

Pentru a indeplini conditia amplificarii in tensiune vom utiliza o conexiune de tip colector comun (Q23).

Acest tip de etaj va realiza o adaptare in impedanta foarte buna catre sarcina datorita rezistentei mare de intrare si a factorului de amplificare in curent mare.

Pentru Q23 a fost utilizat un tranzistor bipolar NPN, aceasta este legat in conexiune colector comun (repetor pe emitor). Considerand factorul $\beta \approx 200$ si un curent maxim de 0.5A va fi necesar un curent de comanda de doar 2.5mA, lucru indeplinit cu ajutorul tranzistorul Q3.

Din foaia de catalog a tranzistorului BC817 reiese ca acesta suporta un curent maxim de colector de 0.5A, are amplificare în curent de minimum 200, tensiune $V_{cmax} = 45V$, iar puterea maxima disipată la 25°C este de 0.3W.

Rețeaua de reacție

Reteaua este realizata prin intermediul unui divizor rezistiv de tensiune care intoarce catre intrarea inversoare a amplificatorului de eroare o parte din tensiunea de la iesire.

Aceasta fractiune din tensiunea de la iesire este comparata cu tensiunea de referință dată de dioda Zener si se genereaza tensiunea de eroare.

$$V_{in-} = \frac{R_{19}}{R_6 + R_{19}} V_{out} = V_{ref}$$

$$V_{ref} = 2.7V$$

Pentru a obtine o tensiunea minima de iesire de 9V:

$$\frac{R_{19}}{R_6 + R_{19}} = \frac{2.7V}{9V}$$

De aici rezulta valorile rezistoarelor din retea de reactie:

$$R_{19} = 10k\Omega \text{ si } R_6 = 27k\Omega$$

Protectia la supracurent

Rezistența R_{12} lucrează ca un convertor curent-tensiune, astfel incat la un curent de 1A la iesire ea trebuie să dea o cădere de tensiune de 0,7 V, cădere de tensiune ce va aduce in conductie tranzistorul Q24.

Valoarea rezistorului R_{12} se calculeaza astfel:

$$R_{21} = 0.7V/1A$$

De aici rezultă $R_{21} = 0.7\Omega$.

$$\text{Puterea disipata pe acesta ia valoarea } P_d = 0.7V * 1A = 0.7W$$

Protectia la supratemperatura

Protectia la supratemperatura este realizata de tranzistorul Q25, acesta va monitoriza temperatura la care ajunge montajul.

Tensiunea de referinta de 2.7V este divizata cu ajutoru rezistorilor serie R_{23} si R_{22} , - acestia formeaza un divizor rezistiv de tensiune pentru a furniza tensiunea baza-emitor tranzistorului Q25

La temperaturi normale tranzistorul Q25 este in stare de blocare si nu circula curent prin el.

Se cunoaste faptul ca tensiunea de intrare in conductie a jonctiunilor cu siliciu se modifica cu temperatura cu un coeficient de aproximativ $-2.2mV/^{\circ}C$.

Astfel cand se ajunge la temperatura de prag, tensiunea baza-emitor a lui Q25 este suficient de mare pentru ca acesta sa intre in conductie si sa limiteze curentul de baza al regulatorului serie (Q23), astfel tensiunea de la iesire este limitata iar regulatorul este protejat.

Dorim ca protectia sa intre atunci cand temperatura ajunga la 120° , asadar la o diferenta de $100^{\circ}C$ fata de temperatura normala a camerei (20°).

Astfel tinand cont de coeficientul termic de $2.2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ al jonctiunii de siliciu deducem o diferenta de 220mV . Consideram tensiune baza-emitor minima de deschidere a tranzistorului de 600mV , astfel trebuie ca tensiune baza-emitor la temperatura de 20°C sa aiba o valoarea aproximativa de 400mV .

Cu ajutorul divizorului de tensiune format din $R22$, $R23$ se stabileste pe baza lui $Q25$ o tensiune de aproximativ 400mV .

Pentru a fixa potentialul de 400mV se aleg rezistentele:

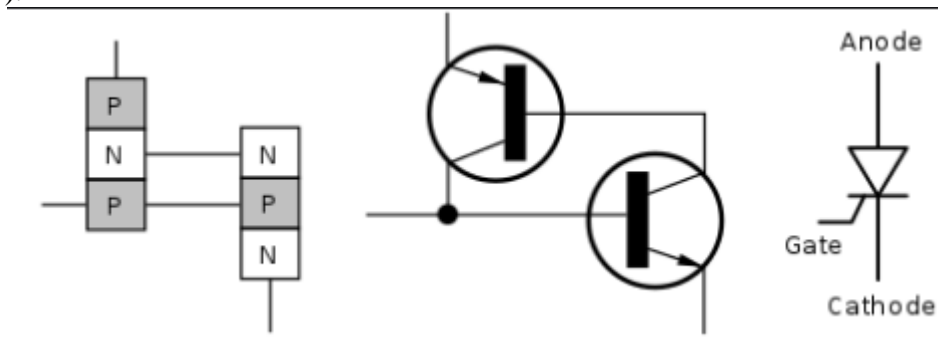
$R23=23\text{k}$ si $R22=12\text{k}$

Acestea sunt rezistoare cu pelicula de carbon de tipul 0805.

Protectia la supratensiune

Este realizata de un circuit ce supravezista tensiunea de la iesire, direct la bornele sarcinii, si care in cazul depasirii unei valori limita (10V in cazul nostru) va actiona un mecanism ce va produce un scurtcircuit la iesire („crowbar”). Circuitul de monitorizare a tensiunii este realizat de $R24$, $C4$ si dioda Zener $D3$, cu valoare de 10V (aleasa putin mai mare decat tensiunea nominala).

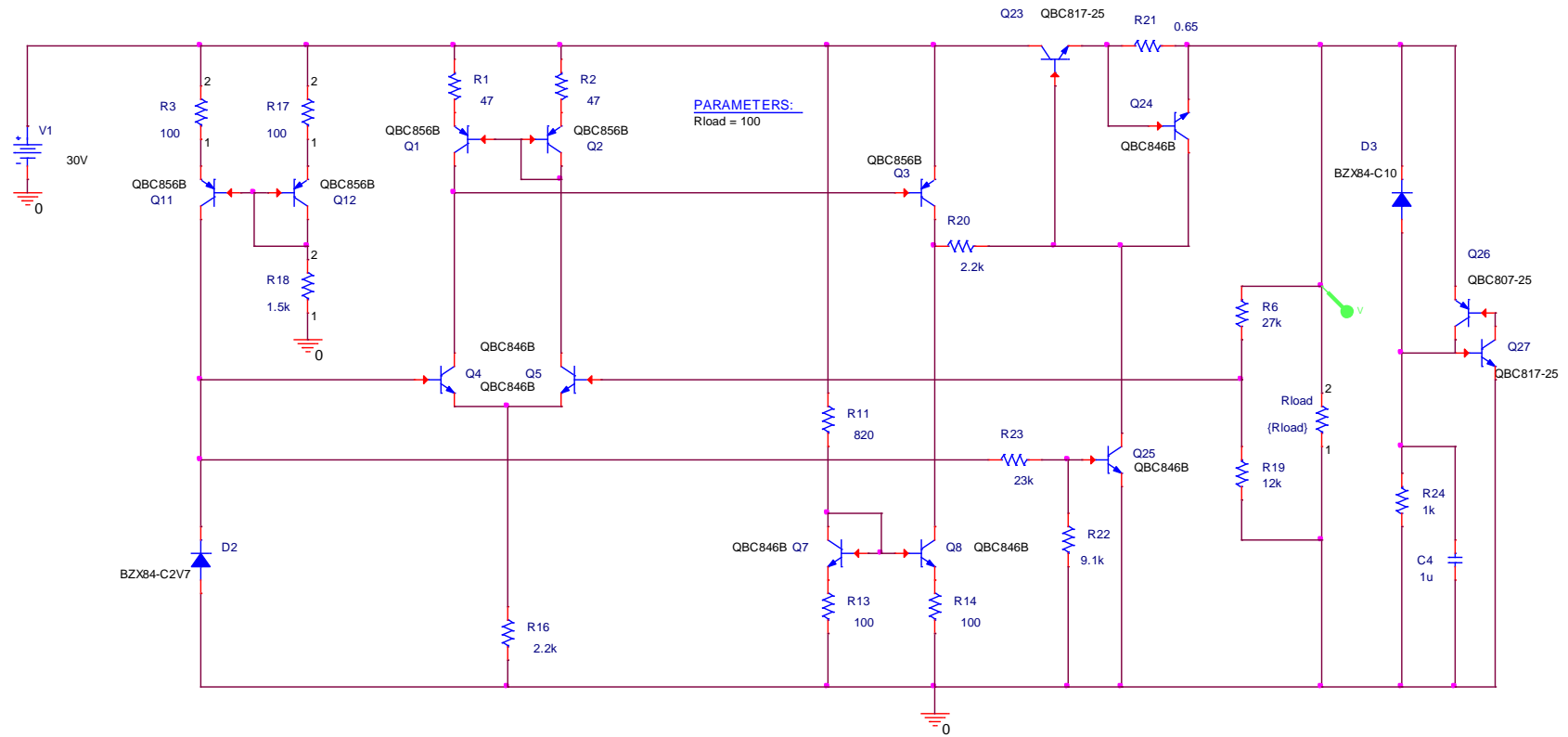
Deoarece nu avem o biblioteca pentru tiristoare, acesta a fost creat prin utilizarea a doua tranzistoare bipolare BC807/BC817, care au un curent mai mare de functionare fata de restul (1A).



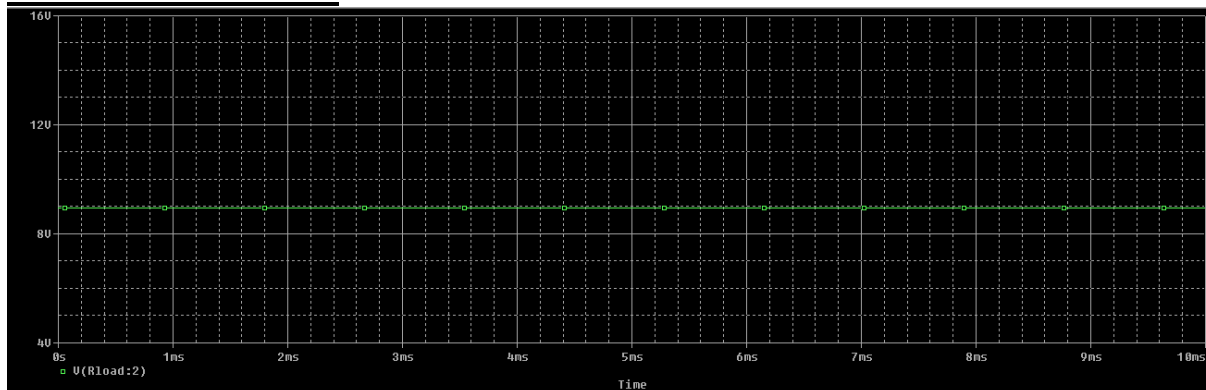
Astfel la depasirea tensiunii Zener, $D3$ intra in conductie si furnizeaza curent de poarta pentru tiristorul alcatuit din $Q26$ si $Q27$, acest tiristor va realiza un scurtcircuit la iesire ce va duce la intreruperea sigurantei prezente pe intrarea regulatorului.

Condensatorul $C4$ realizeaza o constanta de timp impreuna cu $R24$ pentru a preveni declansarea accidentala a protectiei cauzata de zgomot sau de regimul tranzistoriu de la pornire.

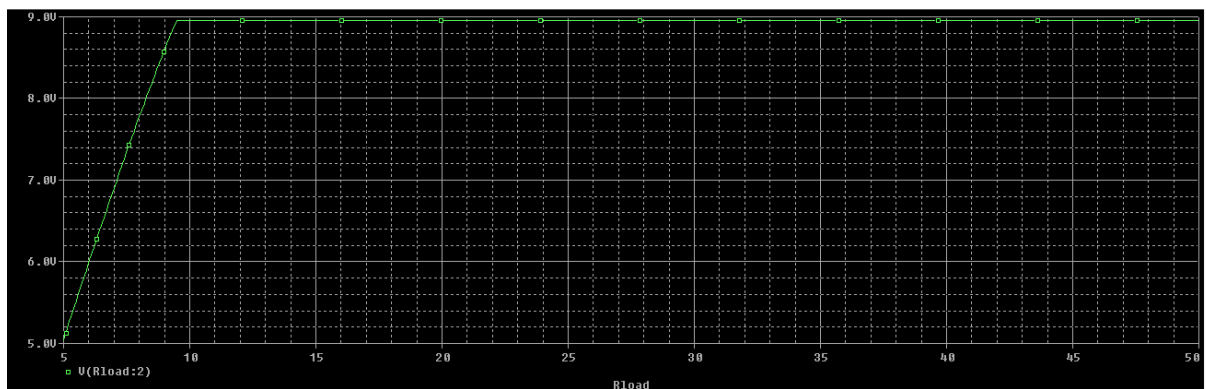
Schema regulatorului de tensiune



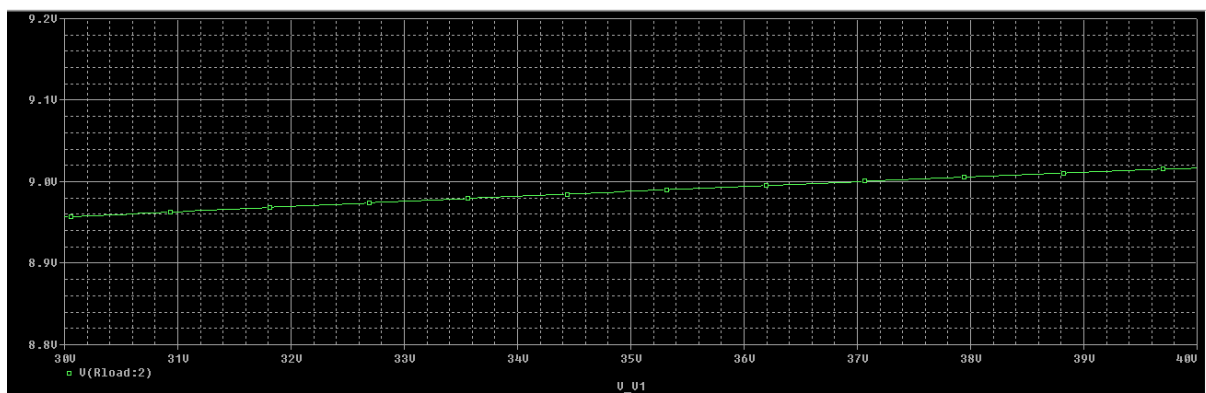
Simularea circuitului



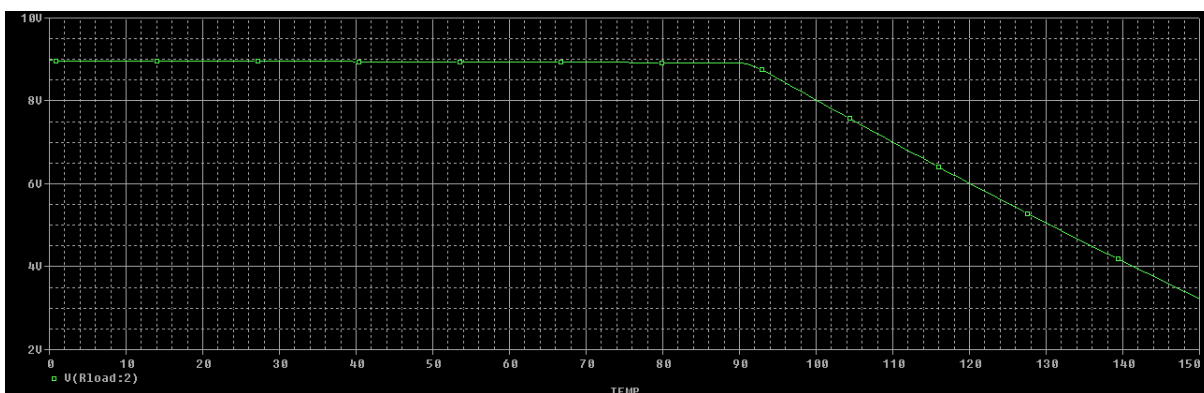
Valorea tensiunii de la iesire in conditii normale de functionare



Observarea functionarii circuitului de protectie la supracurent



Variația tensiunii de ieșire în funcție de tensiunea de intrare



Observarea functionarii circuitului de protectie la supratemperatura

BOM

1	1	C4	1u
2	1	D2	BZX84-C2V7
3	1	D3	BZX84-C10
4	5	Q1,Q2,Q3,Q11,Q12	QBC856B
5	6	Q4,Q5,Q7,Q8,Q24,Q25	QBC846B
6	2	Q23,Q27	QBC817-25
7	1	Q26	QBC807-25
8	1	Rload	
9	2	R1,R2	47
10	4	R3,R13,R14,R17	100
11	1	R6	27k
12	1	R11	820
13	2	R16,R20	2.2k
14	1	R18	1.5k
15	1	R19	12k
16	1	R21	0.65
17	1	R22	9.1k
18	1	R23	23k
19	1	R24	1k