*Universitatea Politehnica din Bucuresti   
 Facultatea de Electronica, Telecomunicatii si Tehnologia Informatiei*

Proiect - Dispozitive si Circuite Electronice

Stabilizator de tensiune cu Element de Reglaj Serie

Student: Voicu Catalin-Constantin

Grupa: 434D

Prof. Coordonator: Draghici Florin

1.Tema proiectului

A white paper with black text

Description automatically generated

N=28 rezulta Vout = 14 – 28V

Vin = 50.4V – 56V

Rload = 1120

2.Stabilizator de tensiune cu element de reglaj serie (ERS)

Se utilizeaza o schema de stabilizator cu element regulator serie (ERS) comandat de un amplificator de eroare (AE) care compara tensiunea data de referinta de tensiune (REF) cu tensiunea preluata de la iesire prin reteaua de reacţie (RR). La acesta se adauga un circuit de protectie la suprasarcina.

A diagram of a system

Description automatically generated

*Schema bloc a circuitului electronic*

Pentru realizarea stabilizatoarelor de tensiune se folosesc proprietatile diodelor Zener. Cel mai simplu tip de stabilizator este stabilizatorul parametric, realizat cu o dioda Zener, insa performantele scazute nu il recomanda pentru alimentarea unor circuite complexe. Tensiunea de iesire nu poate fi reglata, ea variaza în raport cu sarcina iar curentul maxim furnizat in sarcina este relativ mic (comparabil cu curentul care trece prin dioda Zener).

De aceea s-a folosit o schema mai complexa, un stabilizator cu reactie. Referinta de tensiune pentru acesta este practic un stabilizator parametric. Insa acesta lucreaza acum pe o rezistenta de sarcina mare care nu variaza. Comanda se face deci în tensiune pe o sarcina constanta.

La o functionare normala tensiunea diferentiala la intrarea amplificatorului de eroare este practic nula. Astfel amplificatorul trebuie sa transforme comanda de tensiune in una in curent (amplificator transimpedanta). Comanda in tensiune este data de reteaua de reactie (un divizor de tensiune).

Rezultatul compararii referintei de tensiune cu ceea ce se esantioneaza din tensiunea de iesire este un curent care se aplica elementului regulator serie. Acesta va fi un tranzistor ideal pentru care curentul de colector este proportional cu cel de baza.

Daca tensiunea la iesire scade fata de valoarea de echilibru tensiunea esantionata prin reteaua de reactie va fi mai mica decat tensiunea de referinta, deci la intrarea amplificatorului de eroare apare o tensiune diferentiala pozitiva. Curentul debitat la iesire va fi mai mare decat cel normal si va comanda un curent mai mare prin elementul regulator serie. Astfel tensiunea de la iesire incepe sa creasca.

Daca tensiunea la iesire tinde sa creasca fata de valoarea de echilibru, va aparea o tensiune diferentiala negativa ce va duce la scaderea curentului de la iesirea amplificatorul de eroare, deci la scaderea curentului prin elementul regulator serie. Astfel tensiunea la iesire va incepe sa scada.

Daca temperatura elementului regulator serie creste prea mult sau curentul prin el depaseste valoarea limita circuitul de protectie preia curentul debitat de amplificatorul de eroare iar elementul regulator serie se inchide si nu mai lasa sa treaca curent.

3.Functionarea schemei

3.1 Referinta de tensiune

Referinta de tensiune este formata dintr-o dioda Zener alimentata de la sursa de curent constant, astfel tensiunea pe dioda va avea o deriva foarte mica. Am ales o dioda de tip BZX84-C10, aceasta are o tensiune de strapungere constanta de aproximativ 10V în conditiile in care este alimentata cu un curent de minim 5-6mA.

IZ = (Vin-VZ)/ R2+R29

Curentul cu care va fi alimentata dioda Zener este de 6mA, deci puterea maxima pe care trebuie sa o disipe este de 10Vx6mA=60mW, putere mult mai mica decat puterea maxima de 300mW specificata de producator in foaia de catalog.

3.2 Amplificatorul de eroare

Pentru a se atinge cerinta ca amplificarea in tensiune minima sa nu fie mai mica de 200 s-a ales o schema cu un etaj de amplificare diferentiala si un etaj de conversie tensiune-curent.

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Etajul diferential (Q2 si Q4) este realizat cu tranzistoare bipolare de tip NPN, model BC846, realizate in capsula SMD de tip SOT23. S-au ales astfel de tranzistoare pentru a avea o incarcare minima in curent a referintei de tensiune si a retelei de reactie. De asemenea, acest tip de etaj ofera o impedanta mare de intrare.

Etajul diferential este alimentat in curent printr-o sursa de curent constant realizata cu un tranzistor bipolar (Q5, R6, R10). Pentru a obtine o buna simetrie a curentilor prin etajul diferential am utilizat o oglinda de curent (Q1, Q3, R3, R4) realizata cu tranzistoare bipolare de tipul BC856.

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Curentii prin etajul diferential respecta urmatoarea relatie:

IC2 + IC4 = IC5

Curentul IC6 are o valoare constanta si se poate determina din ecuatia:

IC5=(VZ-VBE)/R6

Pentru aceasta ecuatie avem VZ=10V si VBE=0.65V, daca dorim un curent de circa 4mA prin Q6 deducem R6 =2.2kΩ.

Rezistorii R3 siR4 au rolul de a egaliza tensiunile baza-emitor a tranzistorilor din oglinda de curent realizata cu Q1, Q3. Acestia au fost dimensionati astfel incat sa obtinem o cadere de tensiune de aproximativ 200mV.

R3=R4=200mV/2mA=100Ω

Pe acesti rezistori avem o cadere mica de tensiune de unde rezulta o valoare mica a puterii disipate, astfel se pot folosi rezistori SMD de tipul 0805.

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Convertorul tensiune-curent este un tranzistor bipolar care va lucra in conexiune emitor comun Q7. Acesta are ca sarcina elementul regulator serie si un generator de curent realizat cu trei rezistori R27, R26, R8. Acestia vor limita curentul prin etajul emitor comun.

Curentul prin tranzistorul Q7 respecta legea:  
IC7 = (Vout+VBE)/( R27+R26+R8)

rezulta o valoare de aproximativ 4.5mA prin Q7.

Amplificarea in tensiune a etajului emitor comun depinde de rezistenta interna de emitor si de rezistenta vazuta in colector (adica a sursei de curent) si se poate calcula astfel:

Av = (R27+R26+R8)/RE

underE=VT/Ic rezulta rE=25mV/4.5mA

Re=Rc/Ic si rE9 = 5.5Ω, undeIc= 4.5mA si Rc=2.2kΩ

rezulta Av=400.

3.3 Elementul regulator serie

A diagram of a wire

Description automatically generated

Elementul regulator serie este realizat cu un tranzistor bipolar Q6, acesta este legat in conexiune colector comun (repetor pe emitor). Considerand factorul si un curent maxim de 0.5A va fi necesar un curent de comanda de doar 2.5mA, lucru indeplinit cu ajutorul tranzistorul Q7.

A table with a number of symbols

Description automatically generated with medium confidence

Din foaia de catalog a tranzistorului MJD31 reiese ca acesta suporta un curent maxim de colector de 3A, are amplificare in curent de minimum 200, tensiune Vcemax =40V, iar puterea maxima disipata la este de 15W.

Pentru cazul cel mai nefavorabil in care tensiunea de la iesire ia valoarea de 28V iar cea de la intrare ia valoarea de 56V, iar sarcina este de 1120Ω, pe elementul serie se va disipa urmatoarea putere:

Pd=(Uin-Uout )\*Iout

Astfel rezulta Pd =(56V-28V)\*0.025A =700mW.

3.4 Reteaua de reactie

A line with numbers and symbols

Description automatically generated with medium confidence

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 referinta data de dioda Zener si se genereaza tensiunea de eroare.

VREF=Vout\*(R15+P1)/(R15+R12+P1)

Vref =10V

Aceasta ecuatie se scrie de doua ori, pentru tensiunea minima si maxima:

Pentru a obtine o tensiunea minima de iesire de 14V:

VREF=Vmin \*(R15+P1)/(R15+R12+P1)

Pentru a obtine o tensiunea maxima de iesire de 28V:

VREF=Vmax\*(R15)/(R15+R12+P1)

De aici rezulta valorile rezistoarelor din reteaua de reactie:

R15=4.9kΩ si R12=3.9kΩ

Aceste valori se vor obtine din combinatii serie/paralel. Astfel R15 va fi alcatuit din R14+R15 si R12 din R12+R13 astfel incat sa obtinem valori precise.

Se pot utiliza rezistori de tipul 0805 cu toleranta 5% realizati in tehnologie SMT.

.

4.Circuitele de protectie

4.1 Protectia la supracurent

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Rezistenta R11 lucreaza ca un convertor curent-tensiune, astfel incat la un curent de 0.5A la iesire ea trebuie sa dea o cadere de tensiune de circa 0.6-0.7 V, cadere de tensiune ce va deschide tranzistorul Q8.

Valoarea rezistorului R11 se calculeaza astfel:

R11=0.65V/0.5A

De aici rezultă R11=1.3Ω. Pentru a obtine aceasta valoare mai adaugam un rezistor de valoare mica in serie cu R11. Nu se poate obtine exact valoarea teoretica deoarece avem foarte putine valori standard pentru rezistoare.

Puterea disipata pe acesta ia valoarea Pd=0.65V\*0.5A=0.03W, astfel alegem un rezistor SMD in capsula 0805.

4.2 Protectia la supratemperatura

A diagram of a circuit

Description automatically generated

Protectia la supratemperatura este realizata de grupul Q9, P2 si R7.

Tensiunea de referinta este divizata cu ajutorul potentiometrului P2, ­acesta formeaza un divizor rezistiv de tensiune impreuna cu R7 pentru a furniza tensiunea baza-emitor tranzistorului Q9.

Tranzistorul Q9 este cel care realizeaza monitorizarea temperaturii acestuia, astfel la temperaturi normale tranzistorul Q9 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/°C.

Astfel cand se ajunge la temperatura de prag, tensiunea baza-emitor a lui Q9 este suficient de mare pentru ca acesta sa intre in conductie si sa limiteze curentul de baza al regulatorului serie (Q6), astfel tensiunea de la iesire este limitata iar regulatorul este protejat.

Dorim ca protectia sa intre atunci cand temperatura ajunge la 120°, asadar la o diferenta de 100°C fata de temperatura normala a camerei (20°).

Astfel tinand cont de coeficientul termic de 2mV/°C al jonctiunii de siliciu deducem o diferenta de 200mV. Consideram tensiunea baza-emitor minima de deschidere a tranzistorului de 600mV, astfel trebuie ca tensiuna baza-emitor la temperatura de 20°C sa aiba o valoarea aproximativa de 400mV.

Cu ajutorul divizorului de tensiune format din potentiometrul P2 se stabileste pe baza lui Q9 o tensiune de aproximativ 400 mV.

Pentru a fixa potentialul de 400mV se modifica valoarea parametrului Set de la potentiometrul P2.

5.Schema finala

A diagram of a machine

Description automatically generated

6.Simulari functionalitate

Pentru analiza circuitului am facut urmatoarele simulari:

6.1 Reglajul tensiunii de iesire din potentiometrul P1

A graph with a green line

Description automatically generated

Fig.1 *Variatia tensiunii de iesire în functie de parametrul „a” (acesta modeleaza pozitia potentiometrului)*

6.2 Variatia temperaturii(protectia de temperatura)

A screen shot of a graph

Description automatically generated

Fig*.2 Observarea functionarii circuitului de protectie la supratemperatura*

6.3 Deriva termica

A screen shot of a video editing program

Description automatically generated

*Fig.3 Deriva termica este de aproximativ 1.2mV/*

6.4 Variatia rezistentei de sarcina Rload

A graph with green lines

Description automatically generated

Fig*.4 Observarea functionarii circuitului de protectie la supracurent*

6.5 Variatia tensiunii de intrare Vin

A screen shot of a graph

Description automatically generated

Fig*.5 Simularea variatiei tensiunii de intrare*

#### 

Se observa va iesirea variaza doar cu 1.79mV atunci cand intrarea variaza cu 1V, deci factorul de stabilitate este S=dVin/dVout = 588

6.6 Simularea amplificarii in bucla deschisa

A screen shot of a black screen

Description automatically generated

*Fig.6 Amplificarea in bucla deschisa*

7.Punct static de functionare(simulari)

7.1 Punct static de functionare(tensiuni)

A diagram of a computer

Description automatically generated

*Fig.7 Punct static de functionare-afisare tensiuni*

7.2 Punct static de functionare(curenti)

A diagram of a computer

Description automatically generated

*Fig.8 Punct static de functionare-afisare curenti*

7.3 Punct static de functionare(puteri)

A diagram of a computer

Description automatically generated

*Fig.9 Punct static de functionare-afisare puteri*

8.Schema electrica de trecere in PCB editor



9.Schema proiectata in PCB Editor

A circuit board with many colored lines

Description automatically generated

**Cuprins**

1.Tema proiectului...................................................................1

2.Stabilizator de tensiune cu element de reglaj serie (ERS)........2

3.Functionarea schemei............................................................3

3.1 Referinta de tensiune.........................................................3

3.2 Amplificatorul de eroare.....................................................4

3.3 Elementul regulator serie...................................................7

3.4 Reţeaua de reacţie..............................................................8

4.Circuite de protectie................................................................9

4.1 Protectia la supracurent.....................................................9

4.1 Protectia la supratemperatura............................................10

5.Schema finala..........................................................................11

6.Simulari functionalitate...........................................................12

6.1 Reglajul tensiunii de iesire din potentiometrul P1................12

6.2 Variatia temperaturii(protectia de temperatura)...................12

6.3 Deriva termica.....................................................................13

6.4 Variatia rezistentei de sarcina Rload....................................13

6.5 Variatia tensiunii de intrare Vin...........................................14

6.6 Simularea amplificarii in bucla deschisa..............................14

7.Punct static de functionare(simulari)........................................15

7.1 Punct static de functionare(tensiuni)...................................15

7.2 Punct static de functionare(curenti).....................................15

7.3 Punct static de functionare(puteri).......................................16

8.Schema electrica de trecere in PCB editor…………………………..17

9.Schema proiectata in PCB Editor..............................................18