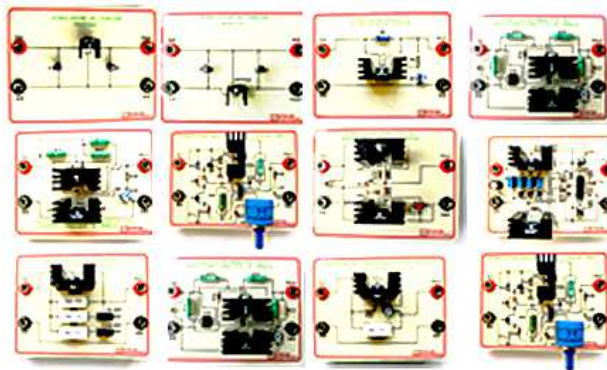


Stabilizatoare de tensiune liniare

— *Set Platforme educaționale* —



Modul analiză
Analiza circuitelor

Tensiune de alimentare 2-80V
Alimentare sursă tensiune

Puncte de test pe fiecare modul
Puncte de măsură semnale

Testare în Lucrări de Laborator
Performanțe circuit

Conectivitate
Lab-Test

Clienților noștri pasionați

Încercăm prin această Colecție de produse să satisfacem cerințele d-voastră plecând de la dorința noastră de a materializa orice idee utilă, valoroasă și imediat aplicabilă.

Fiecare proiect din această colecție a fost selectat cu grijă din multimea de idei, pentru a îmbunătăți modalitatea de înțelegere rapidă a circuitelor electronice, a fost îndelung testat și am abordat o prezentare pe înțelesul tuturor.

Încă de la începuturi, noi cei de la EPSICOM ne-am propus cele mai înalte obiective posibile în căutarea excelenței și mai mult decât atât, am pus un accent important pe formarea profesional vocațională a noii generații ce va continua activitatea, adică voi.

S-a născut astfel ideea dezvoltării acestor platforme, am depus toată energia, creativitatea pentru a sprijini noua generație de specialiști. Permanent am considerat că drumul spre cunoaștere trebuie străbătut îmbinând teoria cu practica imediată pentru aprofundarea și înțelegerea deplină a noțiunilor.

Am testat sute de scheme, zeci de versiuni care să aducă bucuria cunoașterii.

Aceasta este generația de produse educaționale care aduce multe noutăți și completează zonele identificate de noi ca fiind esențiale în aprofundarea cunoștințelor teoretice.

Sperăm că vă vor plăcea la fel de mult precum nouă. Utilizați-le cu înțelepciune și bucurați-vă !

Jan Gîlcescu,
Manager
EPSICOM

Introducere	2	Extinderea gamei curentului de sarcină folosind un tranzistor extern	13
Prezentare.....	2	Implementarea protecției la supracurent a tranzistorului extern.....	14
Se ce studiem suresele in comutație ?.....	3	Extinderea gamei curentului de sarcină folosind tranzistoare externe conectate în paralel	15
Noțiuni introductive	4	Extinderea gamei tensiunii de intrare prin înserierea reguletoarelor.....	16
Ce este sursa liniară ?.....	4	Stabilizator de tensiuni mari.....	17
Ce este sursa în comutație ?.....	4	Stabilizator de tensiune programabilă.....	18
Platformele Surse ERP - ERS	5	Generator de curent constant cu stabilizator monolitic.....	18
Ce cuprinde acest set ?.....	5	Observații	
Breviar de termeni	6	Lucrări de laborator	20
ERP- element de reglare paralel	7	Experimente și măsurarea unor parametri pentru setul de 14 module.....	20
Stabilizatorului parametric cu dioda Zenner	7	Ce urmează?	23
Stabilizatorului parametric cu tranzistoare.....	7	Bibliografie	24
Stabilizatorului liniar paralel ERP cu AO.....	8		
ERS- element de reglare serie	9		
Stabilizator de tensiune cu LM723	10		
Stabilizatoare de tensiune integrate monolitice	11		
Extinderea gamei curentului de sarcină folosind rezistor de ocolire	11		
Protecția reguletoarelor cu diodă de întoarcere	12		

Introducere

Prezentare

Tehnologia surselor de alimentare a avansat de-a lungul anilor. Primele surse de alimentare în comutație se realizau cu tuburi electronice și au fost proiectate în 1958 de IBM.

Aplicațiile tipice ale surselor de alimentare cu reglare liniară
Utilizare în scopuri generale - inclusiv, dar fără a se limita la:

- amplificatoare cu zgomot redus
- procesarea semnalelor
- achiziția de date - inclusiv senzori, multiplexoare, convertoare A / D și circuite de eșantionare și memorare.

- echipamente de testare automată
- echipamente de testare de laborator
- circuite de control
- oriunde este necesară o reglare excelentă și cu factor de undulare scăzut.

Aceștia sunt primii pași în proiectarea viitoarelor surse, indispensabile acum și în perspectiva noilor tehnologii ce vor apărea, vă propunem o metodă teoretică și practică de înțelegere a fenomenelor. O alfel de abordare.

EPSICOM Design
Echipe de proiectare-dezvoltare

Conectare pe fiecare port

Conectivitate

Asemenea versiunilor integrate, permite analiza circuitelor electronice specifice mai ușor decât oricând.

Totul este deja pregătit

Platformele Surse în comutație

Indiferent că sunteți profesionist sau începător, analiza semnalelor în diverse puncte de măsură pe modulele surselor în comutație va crea o emoție deosebită și va incita la noi decoperiri.

3 - 24Vcc

Alimentare

Se numără printre platformele pe care studiul se poate face la diverse tensiuni de alimentare astfel încât se poate observa variația parametrilor de funcționare.

Documentație

Suport de laborator

Avem la dispoziție pentru studiu mai multe scheme de aplicație precum și pinii de măsură pe elementele de circuit.

Important de știut

De ce studiem sursele liniare ?

Scopul principal al acestor platforme este de a răspunde unor următoarelor întrebări:

- ce sunt sursele liniare, cum funcționează și unde sunt utilizate ?
- care este diferența între sursele liniare și cele de comutație ?
- ce tipuri principale de surse liniare există și ce diferențe există între ele ?
- care este procedura de calcul a componentelor interne ?
- cum pot fi modificate sursele în comutație existente ?

Printr-o simplă analiză comparativă a performanțelor electrice dintre sursele de tensiune liniare și sursele în comutație se observă o serie de avantaje cât și de dezavantaje ale fiecărei categorii:

- Sursele de tensiune liniare asigură o stabilitate mai bună a tensiunilor și curenților furnizați către sarcină.
- Sursele în comutație pot funcționa la diferențe mari ale tensiunii intrare-ieșire.

Ce alegem atunci ?

Specificații



Alimentare
2-80V Vcc



Consum
1-1500 mA



Dimensiuni module
83 x 108 mm



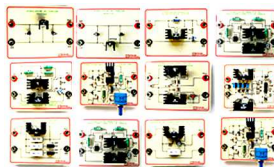
Greutate set module
~1 Kg

Completul de lucru conține:



Cutie

1



13 Module

2



Documentație

3

Noțiuni introductive

Ce este sursa liniară ?

La sursele de tensiune liniare, elementele de transfer a energiei lucrează într-o zonă liniară a caracteristicilor statice corespunzătoare, astfel ca puterea este distribuită atât pe pe sarcină cât și pe elementele de reglare într-o proporție considerabilă, cu pierdere de energie sub formă de căldură. Sursa liniară stabilizată este formată dintr-o referință stabilă de tensiune, un amplificator de eroare cu câștig mare și un element regulator cu rezistență variabilă serie **ERS** ca în figura 1 sau paralel **ERP** ca în figura 2.

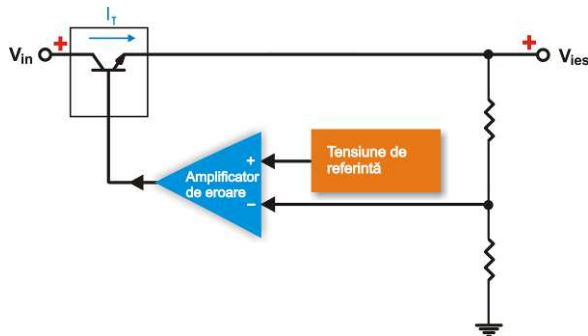


Figura 1 - Schema de principiu a ERS

Amplificatorul de eroare monitorizează nivelul tensiunii de ieșire, o compară cu tensiunea de referință și generează un semnal de control liniar care variază între două limite, de la saturație până la blocare, cu scopul de a menține o tensiune de ieșire constantă la variația tensiunii de intrare și a curentului

prin sarcina de la ieșire. Tranzistorul este comandat continuu în regiunea sa liniară, disipând puterea, produsul UI, deoarece tot curentul de sarcină trebuie să treacă acesta.

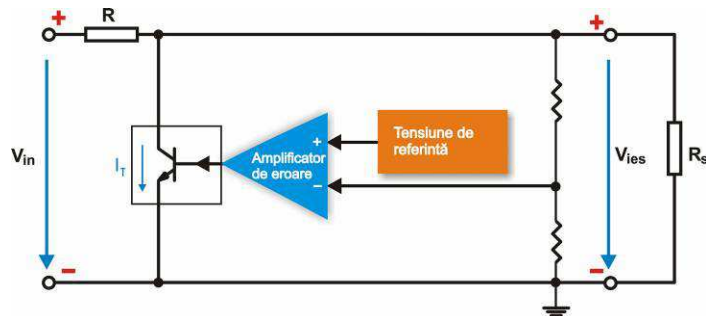


Figura 2 - Schema de principiu a ERP

Cele mai importante caracteristici sunt:

- Parametri de intrare (tensiune, curent și frecvență);
- Raportul de transformare (prin transformatorul de rețea);
- Raportul de respingere în modul comun (CMRR, capacitatea de a respinge zgomotul între tensiunea de ieșire și masă);
- Izolarea între rețea și circuitul de alimentare;
- Tensiunea ondulatorie (diferența dintre vârful și valoarea medie a tensiunii de ieșire);
- Frecvența de ondulare (variația reziduală a frecvenței după redresare)
- Domeniul curentului de ieșire (minim-maxim) pe sarcină.

Platformele Surse ERP - ERS

Din ce este compus acest set ?

Circuitele sunt modele funcționale, cu rol exemplificativ compuse dintr-un număr redus de componente electronice, suficient însă pentru a măsura semnalele, calcula și înțelege funcționarea acestora:

Sursa cu AO cu regulator paralel – este un circuit electronic care are rolul să furnizeze la ieșire o tensiune constantă și de valoare mai mică decât tensiunea de alimentare.

Convertorul Buck ideal este compus din 5 componente de bază: comutatorul semiconductor de putere, o diodă, un inductor, o capacitate și un controller PWM;

Sursa cu LM723 cu regulator serial – circuitul este foarte asemănător în funcționarea cu oscilatorul Hartley cu deosebirea că circuitul oscilant LC este realizat un singur inductor și doi condensatori inseriați care formează un singur condensator „cu

ERS de tensiune pozitivă, negativă, variabilă

– este un convertor Buck (step-down) combinat cu un convertor boost (step-up). Tensiunea de ieșire este de obicei de aceeași polaritate a intrării și poate fi mai mică sau mai mare decât tensiunea de la intrare. Un convertor buck-boost poate utiliza un singur inductor atât pentru modul inductor buck și pentru modul inductor boost prin utilizarea elementelor de comutare internă;

ERS cu rezistor de ocolire – oscilator electronic ce utilizează elemente piezoelectrice, cristal de cuarț. Oscilatorul Pierce derivă din oscilatorul Colpitts, însă utilizează un circuit rezonant serie (spre

ERS cu protecție la supracurent a tranzistorului extern – este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS cu tranzistoare externe conectate în paralel

– este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS cu regulatoare conectate în paralel

– este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS cu regulatoare conectate în serie – este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS pentru tensiuni mari

– este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS cu regulatoare conectate în serie cu distribuție egală – este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

ERS cu regulatoare conectate în paralel – este realizat dintr-un amplificator și un filtru selectiv realizat dintr-o rețea RC, o combinație de rezistențe și

BREVIAR

Factorul de ondulație – unde ΔU reprezintă amplitudinea tensiunii de ondulație și U tensiunea redresată medie.

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U}$$

Coeficientul de stabilizare – S reprezintă variația tensiunii de ieșire funcție de variația tensiunii de intrare pentru I_{ies} și t° constante:

$$S \equiv \frac{\Delta U_{in}}{\Delta U_{ies}}$$

Factorul de stabilizare în raport cu tensiunea de intrare – raportul relativ al variațiilor intrare-ieșire, parametru derivat al variațiilor raportate:

$$F = \frac{\Delta U_{in} / U_{in}}{\Delta U_{ies} / U_{ies}}$$

Factorul de stabilizare în raport cu rezistența de sarcină – R_{ies} este variația tensiunii de ieșire funcție de variația curentului de ieșire pentru U_{in} și t° constante

Coeficientul de temperatură – k_t reprezintă variația tensiunii de ieșire funcție de temperatura mediului pentru U_{in} și I_{ies} constante:

$$k_t = \frac{\Delta U_{ies}}{\Delta t^\circ}$$

Factorul de stabilizare în raport cu temperatura – este variația tensiunii de ieșire funcție de temperatură variația pentru U_{in} și R_{ies} constante.

proprietățile magnetice ale mediului.

Rezistența de ieșire (sarcină) – R_{ies} (variația tensiunii de ieșire funcție de variația curentului de ieșire pentru U_{intr} și t° constante) :

$$R_{ies} = \frac{\Delta U_{ies}}{\Delta I_{ies}}$$

și care este rezistența internă a schemei echivalente stabilizatorului, formată dintr-o sursă ideală de valoare U_{ies} în serie cu rezistența R_{ies} .

Factorul de rejecție a variației la intrare – atenuarea, în decibeli, dintre variația periodică a tensiunilor intrare și ieșire: :

$$k_{rej} = 20 \log \frac{\Delta U_{ies}}{\Delta I_{ies}}$$

PARD (Periodic And Random Deviation) – Componenta alternativă suprapusă pe tensiunea de ieșire cu o componentă periodică (provenită din rețea) și alta aleatoare (zgomot). Se măsoară în valoare efectivă sau vârf la vârf, pe o bandă de frecvență între 20 Hz – 20 MHz, cu un instrument cu lărgimea de bandă amintită. Fluctuațiile mai lente sunt considerate derivă.

ERP- element de reglare paralel

Stabilizatorul parametric cu dioda Zenner

Cea mai simplă formă de stabilizator de tensiune paralel este cea prezentată în figura 3:

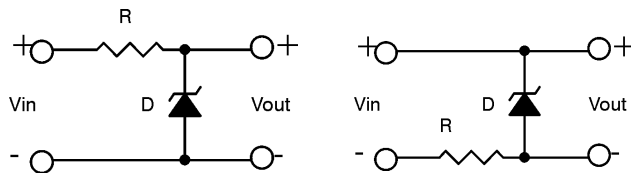


Figura 3 – Stabilizatorul parametric

Figura 3 - Schema de principiu a stabilizatorului parametric pentru tensiune pozitivă (stânga) și pentru tensiune negativă (dreapta)

Funcționarea se bazează pe neliniaritatea caracteristicii curent-tensiune a diodei stabilizatoare.

Denumirea de *paralel* vine de la faptul că *elementul activ* este conectat în paralel cu ieșirea stabilizatorului.

$$S = \frac{R}{r_z} \quad R_{ies} = r_z \quad k_t = \frac{\Delta U_z}{\Delta t^o}$$

Exeptând coeficientul de stabilizare (care crește odată cu creșterea lui R, implicând și scăderea randamentului energetic al stabilizatorului) performanțele stabilizatorului parametric sunt determinate de caracteristicile diodei Zenner utilizate.

Dioda Zenner este polarizată invers astfel că *tensiunea de străpungere*, numită în acest caz tensiune Zenner, este tensiunea de la care încep să conducă curentul invers.

Dioda Zenner D acționează ca o supapă:

- închisă – dacă U_{in} este mai mică decât *tensiunea Zenner* a acesteia. În acest caz dioda D nu are nici o influență în circuit iar $U_{in} = U_{ies}$.
- deschisă – dacă U_{in} este mai mare decât tensiunea Zenner.

Cu cât U_{in} crește mai mult, cu atât va crește un curent prin dioda D_z împiedicând creșterea tensiunii de ieșire U_{ies} peste valoarea tensiunii Zenner.

Rolul rezistenței R este acela de a limita curentul prin dioda D peste valoarea maximă indicată de producător.

Valoarea maximă a curentului de ieșire nu poate fi mai mare decât curentul maxim admis prin dioda Zenner.

Relațiile de calcul sunt următoarele:

$$R = \frac{U_{in} - U_z}{I_z + I_{ies}}$$

$$P = U_{R_{max}} \times I_{ies} \quad \text{unde} \quad I_{zmin} < I_{ies} < I_{zmax}$$

Pentru un curent de ieșire mare, pe rezistența R se va pierde puterea electrică ce se va disipa în forma de energie calorică. Concluzia este că nu putem folosi această schema decât pentru curenți de ieșire de maxim câteva zeci de miliamperi.

Cum procedăm însă dacă avem nevoie de un curent de ieșire mai mare de câteva zeci de mA?

Stabilizatorului parametric cu tranzistoare

Pentru a lărgi gama de curenți de ieșire a schemei cu dioda Zenner, trebuie să adăugăm un tranzistor conectat în așa fel încât să simuleze o diodă Zenner de putere mai mare, ca în figura de mai jos:

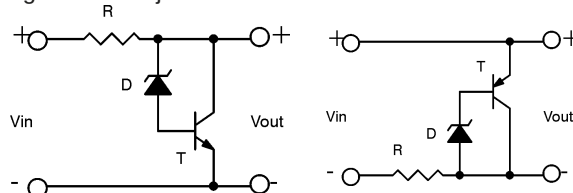


Figura 4 - Stabilizatorului parametric cu tranzistoare – Stabilizator liniar paralel cu diodă Zenner și tranzistor pentru tensiune pozitivă (stânga) și pentru tensiune negativă (dreapta)

Dioda D este înseriată cu jonctiunea *be* a tranzistorului T. Tranzistorul este capabil să amplifice curentul din bază astfel că atunci când prin dioda D va trece un curent I_z , între colectorul și emitorul tranzistorului T va trece un curent de β ori mai mare decât I_z .

$$U_{ies} = U_z + U_{be}$$

Exemplu: pentru o diodă cu $I_z = 10\text{mA}$ și un tranzistor cu $\beta = 100$ conectat așa ca în figură $\beta \times I_z = 10\text{mA} \times 100 = \mathbf{1000\text{mA}}$

În acest caz, curentul de ieșire al stabilizatorului nu va mai fi limitat la cei 10mA pe care îi suportă dioda D ci de o sută de ori mai mult, respectiv **1000mA**;

Tensiunea de referință este dată de suma dintre tensiunea Zenner și tensiunea de deschidere a jonctiunii *be* (circa 0,65V).

Cum anume reușește tranzistorul T să mențină între colector și emitor o tensiune V_{ies} egală cu tensiunea de referință ?

Răspuns:

- dacă tranzistorul T se deschide mai mult încât V_{ies} să scade sub *tensiunea de referință*, dioda D se blochează și tranzistorul ia singur semnalul de comandă prin curentul de bază;
- dacă tranzistorul T se deschide prea puțin lăsând tensiunea de ieșire să crească mult peste *tensiunea de referință*, prin dioda D trece un curent mai mult mare ca va duce la creșterea curentului de bază al tranzistorului T, tranzistorul va amplifica acest curent și astfel se va opune creșterii lui V_{ies} peste valoarea *tensiunii de referință*.

Stabilizatorului liniar paralel ERP cu AO

Stabilizatorul liniar paralel oferă o modalitate simplă de obținere a unei tensiuni stabilizate foarte precise și nu necesită protecție la suprasarcină.

Are dezavantajul că are cel mai mic randament dintre toate tipurile de stabilizatoare. Chiar și în cazul că avem sau nu consumatori conectați la ieșire, stabilizatorul paralel consumă

aceeași cantitate de energie electrică.

Nu sună cumva apropiat de caracteristicile amplificatoarelor în clasă A ?

Stabilizatoarele liniare conțin în structura circuitului de comandă un element amplificator de eroare, referința de tensiune și un traductor de tensiune.

Tranzistorul bipolar în conexiune Darlington Q13 este conectat în paralel la ieșire.

Controlul tensiunii la ieșire se face cu un amplificator U1.

Tensiunea de referință este culeasă de pe dioda zenner De D2 și aplicată pe intrarea inversoare a amplificatorului operațional iar semnalul de eroare este cules de pe linia Vout prin divizorul realizat cu R66, aplicat pe intrarea ne inversoare și comparat cu referință. Ieșirea amplificatorului va comanda tranzistorul Q13 prin creșterea curentului pe baza acestuia în cazul în care tensiunea de la ieșire va crește și permite trecerea unui curent suplimentar prin el, reducând astfel tensiunea la ieșire. Reglajul se realizează prin modificarea punctului de operare static sau punct **Q** al amplificatorului pe caracteristică, pe porțiunea liniară, semnalul de ieșire fiind prelucrat pentru a funcționa între două valori minim și maxim, realizat prin **polarizarea tranzistorului**.

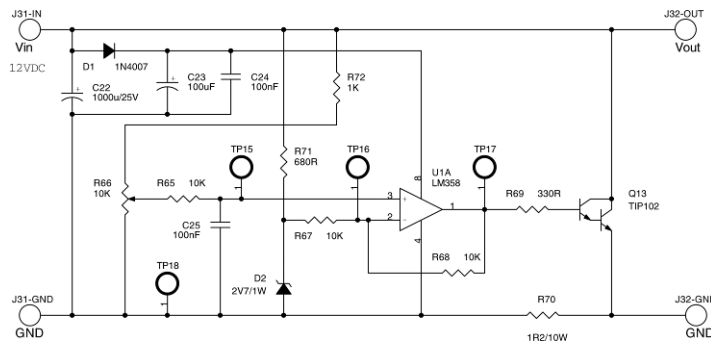


Figura 5 - Schema stabilizatorului ERP cu amplificatoare operaționale

ERS - element de reglare serial

Denumirea de serie vine de la faptul că elementul activ este conectat în serie cu consumatorul de la ieșire. Schema stabilizatorului serie este prezentată în figura de mai jos:

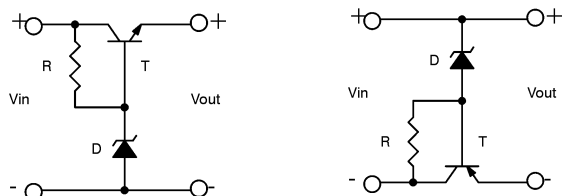


Figura 6 - Stabilizator liniar serie pentru tensiune pozitivă (stânga) și pentru tensiune negativă (dreapta).

Se observă că dioda Zenner D și rezistența R formează tot o celulă de stabilizator paralel, care însă de această dată comandă un tranzistor conectat între U_{in} și U_{ies} .

Tranzistorul T este montat într-o conexiune de tip repetor pe emitor, adică oferă pe emitor aproximativ aceeași tensiune ca cea primită pe bază din care se mai pierde circa 0,65V pe joncțiunea be a tranzistorului T. Astfel, în cazul stabilizatorului serie:

- *tensiunea de referință* este egală cu tensiunea Zenner a diodei D;
- *tensiunea de ieșire* U_{ies} este mai mică cu circa 0,65 V decât *tensiunea de referință*.

$$U_{ies} = U_z - U_{be}$$

În comparație cu stabilizatorul paralel

- pierderile de energie electrică stabilizatorul serie sunt proporționale cu curentul consumat la ieșire.
- stabilizatorul serie nu poate tolera suprasarcini fără distrugerea elementului activ.

Pentru situații în care pot apare scurtcircuit la ieșire sau a unei suprasarcini, se impune utilizarea unui circuit de protecție cum ar fi de exemplu cel din de mai jos:

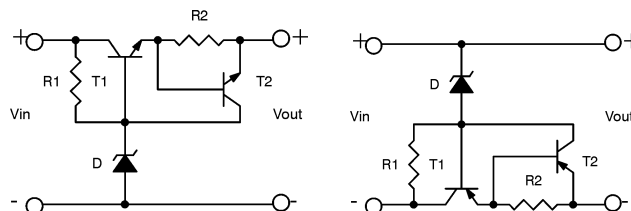


Figura 7 – Schema electrica a limitatorului de curent pentru tensiune pozitivă (stânga) și pentru tensiune negativă (dreapta).

Protecție la suprasarcină pentru stabilizatoarele liniare serie.

În stânga este prezentată varianta pentru tensiune pozitivă iar în dreapta cea pentru tensiune negativă.

Pentru $I_{ies} < I_{max}$ tensiunea R_2 $I_{ies} < U_{be}$ de deschidere a tranzistorului de protecție T_2 , acesta este blocat.

La valori $I_{ies} > I_{max}$ tensiunea R_2 $I_{ies} > U_{be}$ T_2 se deschide și preia din curentul de comandă pe baza tranzistorului T_1 , realizând o limitare a curentului de sarcină.

Protecția include un “senzor de curent”, prin rezistența R_2 care conectată între baza și emitorul tranzistorului T_2 . Dacă valoarea curentului de ieșire este foarte mică, pe rezistența R_2 va apare o tensiune mai mică decât 0,65 [V], motiv pentru care tranzistorul T_2 nu va influența cu nimic funcționarea stabilizatorului. Când însă curentul de ieșire crește foarte mult (de exemplu în cazul unui scurtcircuit pe ieșire) tensiunea pe rezistența R_2 crește peste 0,65 [V] comandând deschiderea lui T_2 care imediat scurtcircuitează baza și emitorul lui T_1 , blocându-l.

În acest mod, pentru curenți anormal de mari, T_2 blochează funcționarea lui T_1 salvându-l astfel de la o distrugere iminentă. Bineînțeles, valoarea curentului la care această protecție intră în funcțiune depinde de valoarea lui R_2 .

Stabilizator de tensiune cu LM723

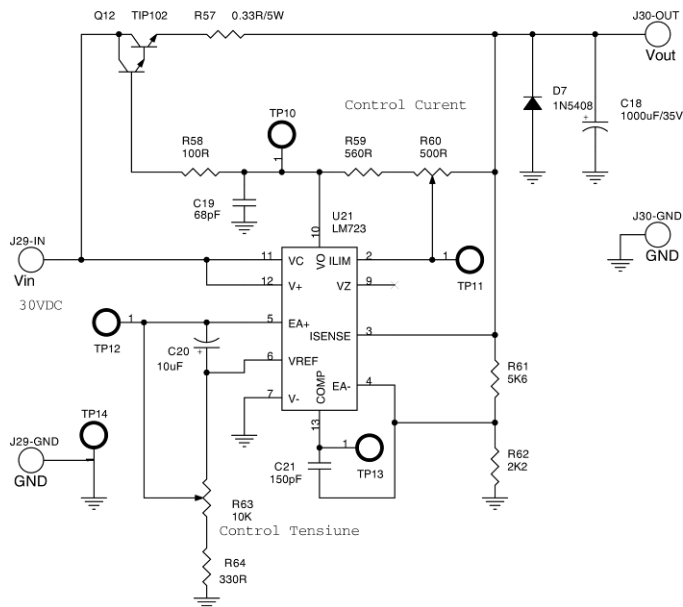


Figura 8 - Stabilizator linear serie cu circuitul integrat LM723

Stabilizatorul integrate monolitic *LM723* ,face parte din prima generație de stabilizatoare.

Caracteristica lor comună constă în faptul că permit accesul utilizatorului la intrările și ieșirile tuturor blocurilor funcționale.

Aceste stabilizatoare sunt livrate în capsule cu mai mult de trei terminale, furnizează un curent de sarcină mic (zeci de mA) și permit utilizarea lor în mai multe variante.

Sursa pentru tensiunea de referință (blocul **ref**) produce o tensiune cu valoarea de 7,15 V. Terminalul **UREF** se conectează la intrarea neînversoare **IN+** a blocului **amplif de eroare** prin intermediul unei rezistențe sau a unui divizor rezistiv extern. Curentul maxim admis la acest terminal este de 15 mA, tipic 1 mA.

Funcționarea este identică, conform fișei de catalog a lui LM723.

Schema este prevăzută cu o diodă de protecție la tensiuni inverse pe ieșirea stabilizatorului.

Stabilizatoare de tensiune integrate monolitice

Regulatoarele de tensiune monolitice sunt dispozitive cu trei terminale care furnizează o tensiune de ieșire continuă constantă, independentă de tensiunea de intrare, curentul de sarcină de ieșire și temperatura.

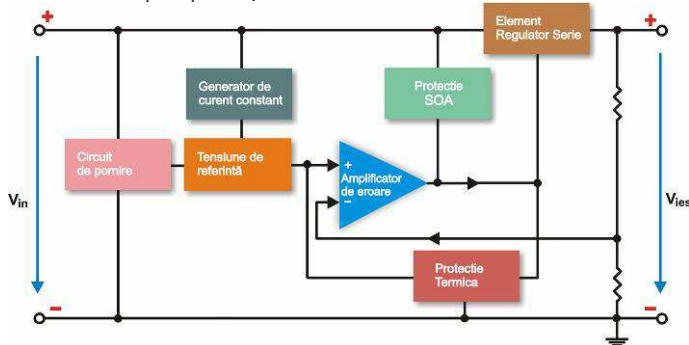


Figura 9 - Schema bloc a circuitului integrat monolitic

Caracteristici generale

- tensiunea de ieșire, fixată intern, se garantează cu o precizie de 5%;
- limita curentului maxim de ieșire, fixată intern prin circuitul de protecție la suprasarcină, independent de temperatură;
- stabilizatoarele conțin un circuit de menținere a funcționării tranzistorului serie în aria de siguranță (SOA);
- circuitul de protecție intern asigură imunitate la scurtcircuitarea ieșirii la masă pe o durată nedefinită.

Pentru fiecare tip de regulator de tensiune IC, tensiunea de ieșire poate fi fixată sau ajustată la o valoare într-un interval specificat.

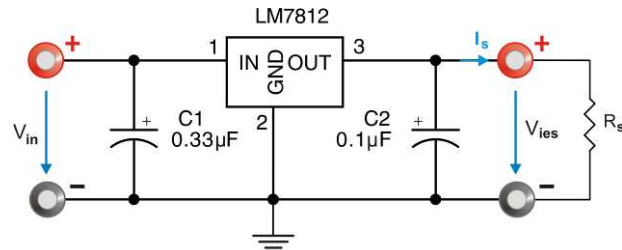


Figura 10 - Schema de conectare a circuitului integrat monolitic stabilizator de tensiune pozitivă

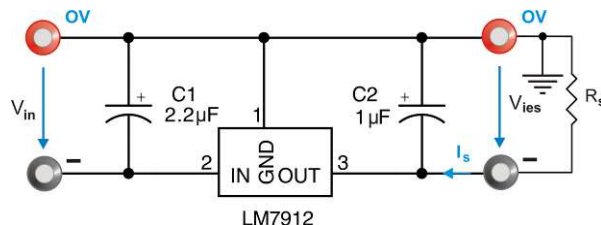


Figura 11 - Schema de conectare a circuitului integrat monolitic stabilizator de tensiune negativă

Extinderea gamei curentului de sarcină folosind rezistor de ocolire

Cea mai simplă metodă de extinderea a gamei de curenți a unui stabilizator se obține când, pentru o parte din puterea ce trebuie să fie disipată, se va utiliza un element pasiv, o rezistență de ocolire, conectată în paralel cu elementul de reglare serie al regulatorului ca în figura 2.1

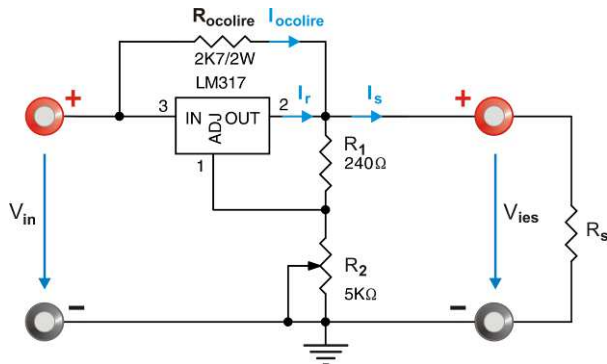


Figura 12 - Schema electrică a stabilizatorului monolithic cu rezistor de ocolire

Valoarea acestei rezistențe de ocolire trebuie să fie aleasă în funcție de valorile limită ale stabilizatorului, conform ecuației:

$$R_{ocolire} \geq \frac{V_{in\ max} - V_{ies\ min}}{I_{s\ min}} = \frac{\Delta V_{inies\ max}}{I_{s\ min}}$$

unde:

$I_{s\ min}$ - este curentul de sarcină minim garantat,

$\Delta V_{inies\ max} = V_{in\ max} - V_{ies\ min}$ este valoarea maximă a căderii de tensiune obținută când tensiunea de intrare este maximă, respectiv cea de ieșire este minimă.

Dezavantajul constă în faptul că este necesar un consum minim garantat pentru a nu avea la ieșire o tensiune mai mare decât cea fixată de pinul de ajustare în cazul lipsei curentului de sarcină.

Avantajul utilizării unui rezistor de ocolire cu coeficient de temperatură pozitiv sau negativ ar putea extinde preferențial aria sigură de funcționare în zona de cădere mică de tensiune și medie respectiv mare.

Protecția reguletoarelor cu diodă de întoarcere

Pentru situația în care se deconectează tensiunea de intrare iar la ieșire pot apărea tensiuni mai mari decât cele de intrare datorită unor condensatori încărcati sau inductanțe cuplate la ieșirea regulatorului, este necesar să adăugați diode de protecție pentru direcționarea curenților către bornele de intrare și evitarea descărcării prin puncte de curent redus în regulator. În **Figura** se prezintă configurația recomandată pentru protecția regulatorului LM317 cu diode, pentru tensiuni de ieșire mai mari de 25 V sau tensiuni pe condensatoare la valori mari ale capacității de ieșire. Dioda D1 împiedică descărcarea capacității C1 prin regulator în timpul unei intrări în scurt circuit iar dioda D2 protejează împotriva descărcării condensatorului C2 prin regulator în cazul unui scurtcircuit ieșire. C2 mai este utilizată pentru a netezi undulațiile tensiunii la ieșire prin filtrarea căii de reacție și blocarea semnalelor perturbatoare.

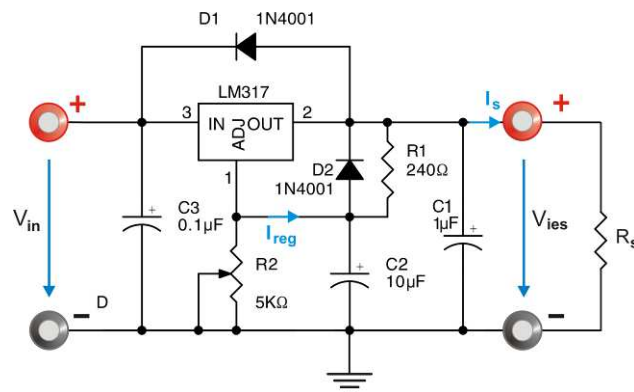


Figura 13 - Schema de conectare a circuitului integrat stabilizator de tensiune pozitivă cu diode de protecție

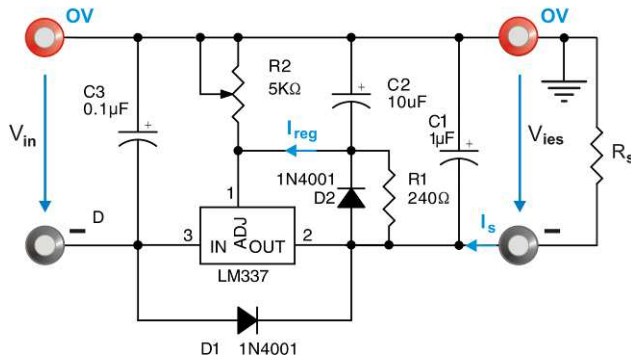


Figura 14 - Schema de conectare a circuitului integrat stabilizator de tensiune negativă cu diode de protecție

$$V_{ies} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{reg} R_2$$

$$V_{ref} = 1,25V$$

Extinderea gamei curentului de sarcină folosind un tranzistor extern

Una din cele mai cunoscute metode de extindere a gamei de curent de ieșire a unui regulator prezentată în **Figura**, este aceea de a utiliza un tranzistor extern ce degrează aproape complet ERS intern de curentul de sarcină. Pe lângă creșterea curentului maxim de sarcină se va obține o creștere a stabilizării în raport cu sarcina, regulatorul integrat lucrând la o fracțiune redusă a curentului de sarcină.

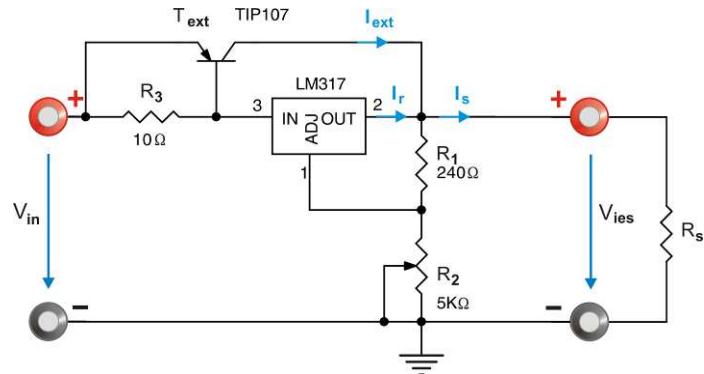


Figura 15 - Schema electrică a stabilizatorului monolitic cu tranzistor extern

Deși tranzistorul extern va putea disipa o putere mai mare, soluția prezintă dezavantajul că va duce la creșterea tensiunii minime necesare între intrare și ieșire $\Delta V_{ies\ min}$, din cauza rezistenței R_3 înseriate cu intrarea regulatorului, necesară pentru a polariza joncțiunea bază-emitor a tranzistorului extern. Pentru ca la curentul maxim de sarcină să nu fie necesar un curent de comandă mai mare decât curentul maxim al regulatorului, factorul β de amplificare în curent va trebui să aibă o valoare minimă:

$$\beta_{ext} > \frac{I_{s\ max}}{I_{RT\ max}}$$

unde $I_{s\ max}$ și $I_{ext\ max}$ sunt curenții maximi prin sarcină respectiv regulatorul integrat.

Raportul curenților prin regulator, respectiv tranzistor se obține prin adoptarea corespunzătoare a rezistenței R_3 . Un dezavantaj major este că tranzistorul extern nu beneficiază în mod direct de toate protecțiile integrate ale regulatorului de tensiune

ce-l comandă. Această variantă impune deci adăugarea suplimentară de circuite de protecție doar pentru tranzistorul extern.

Implementarea protecției la supracurent a tranzistorului extern

Aceasta va duce la o creștere suplimentară a tensiunii $V_{ies\ min^*}$. Protecția termică a tranzistorului extern nu se poate realiza eficient prin folosirea de elemente externe care să-i sesizeze creșterea temperaturii joncțiunii. Detectarea din exterior a temperaturii joncțiunii tranzistorului extern va fi imprecisă și cu întârzieri, din cauza rezistențelor termice care nu au valori exacte, și pentru că există o inerție mare cauzată de capacitățile termice ale capsulei și radiatorului extern. Pentru a obține o fiabilitate bună a stabilizatorului se recurge de regulă la o supradimensionare a radiatorului de răcire folosit de tranzistorul extern.

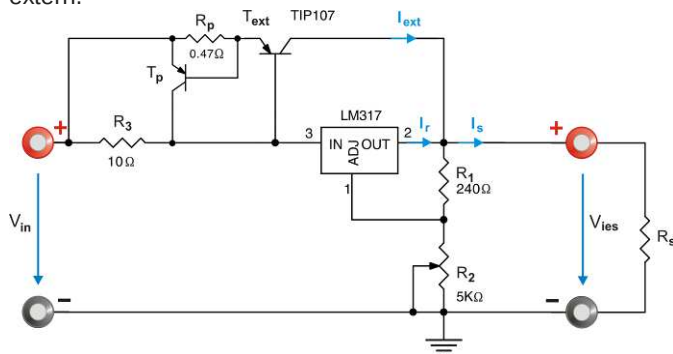


Figura 16 - Schema electrică a stabilizatorului monolitic cu protecție la supracurent a tranzistorului extern

Se observă că pentru tranzistor nu există limitare de putere. Circuitul de limitare se dimensionează astfel încât la căderea maximă de tensiune să nu se depășească puterea maximă

ce o poate disipa tranzistorul.

Extinderea gamei curentului de sarcină folosind tranzistoare externe conectate în paralel

O metodă de extindere a gamei curentului de ieșire constă în conectarea în paralel a mai multor tranzistoare externe cu rol de ERS. Dacă acestea sunt tranzistoare bipolare, din cauza dispersiei de fabricație a parametrilor, prin simpla conectare în paralel se va ajunge la o distribuție inegală a curenților. Căderea de tensiune fiind identică, rezultă că nu există un control precis al puterii disipate pe fiecare tranzistor. Așadar, la comanda cu același regulator a mai multor tranzistoare în paralel se pune problema egalizării curenților pri acestea. Așa cum se vede în figura 2.6, soluția este aceea de a inseria rezistențe de balast în emitoarele tranzistoarelor de putere. Această soluție este departe de a fi performantă, întrucât presupune realizarea unui compromis deoarece valoarea rezistențelor nu poate fi mare pentru a nu crește căderea minimă de tensiune între intrarea și ieșirea stabilizatorului însă în același timp este necesară o valoare cât mai mare a rezistențelor pentru a se asigura precizia de egalizare a curenților.

Din cauză că rezistențele nu pot fi alese oricât de mari, egalizarea curenților nu se realizează cu precizie, tranzistoarele cu amplificare mare de curent sau cu tensiunea VBE mai mică preluând o parte mai mare din curentul de sarcină, și deci lucrând într-un regim termic mai solicitant decât cele ce prezintă o amplificare mai mică.

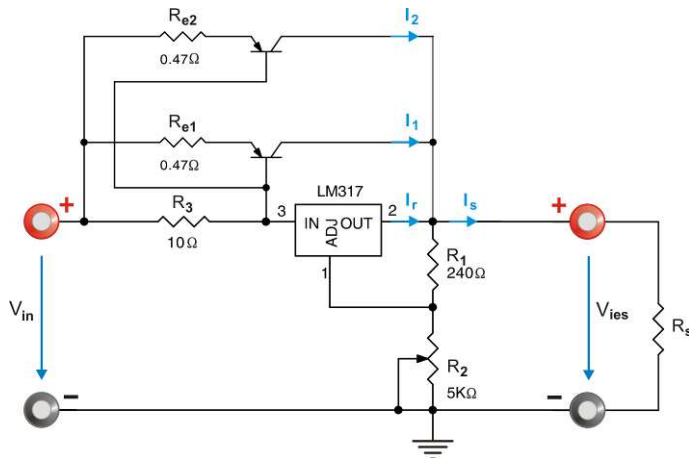


Figura 17 - Schema electrică a stabilizatorului monolitic cu protecție la supracurent a tranzistoarelor externe conectate în paralel

Distribuția inegală a curenților și lipsa protecției termice va duce la scăderea eficienței regulatorului și la reducerea fiabilității, făcând ca această metodă să fie de multe ori o variantă extremă.

O soluție care rezolvă conectarea în paralel a mai multor tranzistoare externe este aceea de a le folosi ca generatoare de curent conectate în paralel cu ERS-ul regulatorului de tensiune, comandate de curentul ce trece prin regulator.

Pentru aceasta este necesar câte un amplificator operațional pentru comanda bazei fiecărui tranzistor de putere, așa cum se prezintă în figura 2.7.

Schema are însă dezavantajul că necesită acces la ambele terminale ale rezistorului intern de protecție. Înserierea externă cu ieșirea regulatorului a unui rezistor nu este de preferat, întrucât ar înrăutăți stabilizarea în raport cu sarcina.

Trebuie să se țină cont de asemenea că la căderi mici de tensiune între intrarea și ieșirea stabilizatorului, tensiunea de

mod comun a amplificatoarelor se apropie de tensiunea pozitivă de alimentare. Pentru ca acestea să nu intre în limitare se poate crește căderea minimă de tensiune a stabilizatorului, sau se va utiliza o sursă auxiliară de alimentare mai ridicată cu câțiva volți decât cea stabilizată.

Deși soluția duce la egalarea curenților, tranzistoarele suplimentare nu beneficiază decât de limitarea la supracurent oferită de regulatorul de bază, protecția termică putându-se baza eventual pe relația dintre puterile disipate de regulator și tranzistoarele conectate în paralel, în cazul utilizării unui radiator comun. O soluție alternativă la folosirea de

Extinderea gamei curentului de sarcină folosind regulatoare conectate în paralel

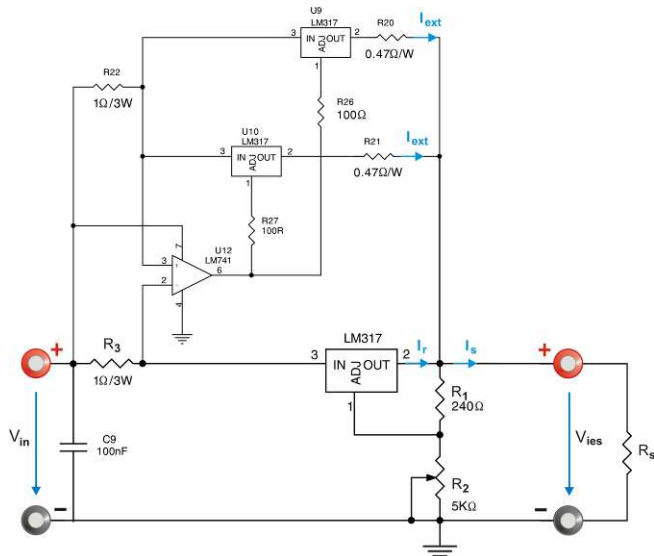
Interconectarea regulatorului monolitic serie cu tranzistoare conectate în paralel ca ERS extern are o altă alternativă prin conectarea în paralel a mai multor regulatoare de tensiune ajustabile.

Se elimină astfel problema protecției elementelor active externe, fiecare regulator având propriile protecții integrate.

O soluție des folosită este cea prezentată în figura , unde s-a exemplificat cazul cu 3 regulatoare conectate în paralel.

Datorită distribuției parametrilor de fabricație a circuitelor, implicit și a tensiunii de referință interne, tensiunile de la ieșirile regulatoarelor vor avea valori ușor diferite, prin conectarea în comun a pinului de referință.

Întrucât diferențele se vor regăsi pe rezistențele de egalizare, se observă motivul unei distribuții inegale a curenților, la fel ca și în cazul conectării în paralel a tranzistoarelor. Este necesară deci însumarea curenților de ieșire prin rezistențe cu rol de egalizare a acestora.



Studiul acestui circuit a evidențiat că măsurile de egalizare folosind rezistențe nu sunt foarte eficiente, existând o distribuție diferită a curenților prin regatoare, mai ales pentru valori mici ale rezistențelor de egalizare. Creșterea rezistențelor nu este o soluție, întrucât pe lângă creșterea căderii minime de tensiune necesare între intrare și ieșire se va înrăutăți stabilizarea în raport cu sarcina.

Extinderea gamei tensiunii de intrare prin înscrierea reguletoarelor

La curenți de sarcină semnificativi, și în cazul în care căderea de tensiunea pe regulator este mult prea mare, va acționa protecția contra străpungerii secundare a reguletoarelor

Tensiunea maximă de intrare a stabilizatorului este egală cu suma dintre căderea de tensiune maxim admisă între intrarea și ieșirea preregulatorului respectiv căderea fixă de tensiune aleasă pentru regulatorul de ieșire:

$$V_{i\max} = \Delta V_{ies\max} - \Delta V_{mid,e}$$

Dacă se analizează aria SOA echivalentă se observă că extinderea gamei tensiunii de intrare din relația este valabilă doar pentru un curent de sarcină redus, în care regulatoarele nu sunt în limitare (de putere sau contra străpungerii secundare). Tensiunea minimă de intrare a stabilizatorului este limitată inferior de suma căderilor de tensiune minime necesare celor două regulatoare.

Stabilizarea în raport cu sarcina are o valoare îmbunătățită doar când preregulatorul nu este în saturație, adică pentru:

$$V_i > \Delta V_{ies\min} + V_{mid,e}$$

Cauza principală ce duce la această extindere redusă a ariei de funcționare sigură este distribuția inegală a tensiunilor, respectiv a puterilor între cele două regulatoare înseriate.

Stabilizator de tensiuni mari

În cazul în care se doresc tensiuni de intrare mai mari 80V, schema cu preregulator de urmărire nu mai poate fi aplicată întrucât chiar și pentru o distribuție egală a căderilor de tensiune se va depăși căderea de tensiune maxim admisă de regulatoare.

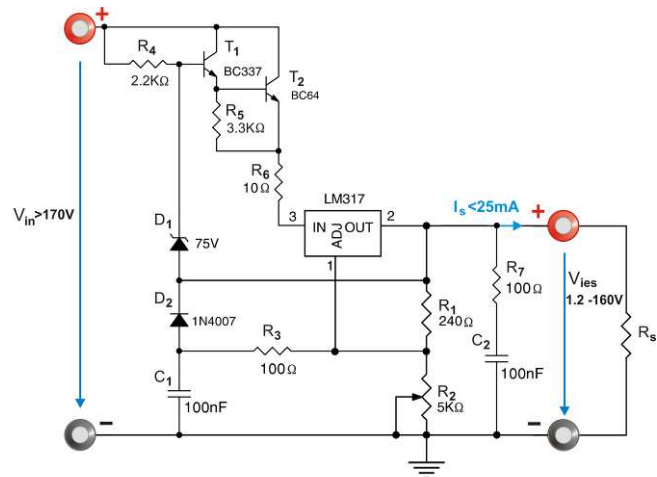


Figura 20 - Schema electrică a stabilizatorului monolithic pentru tensiuni mari

Soluția va fi o prereglare cu tranzistoare (figura 20), regulatorul integrat având menținută în permanență căderea de tensiune la o valoare cu câțiva volți peste valoarea ΔV_{iemin} cu ajutorul unei diode stabilizatoare. Aceasta va face ca disiparea de putere redusă a acestuia să-l mențină într-un regim termic favorabil. Tranzistoarele vor avea rolul de a prelua cea mai mare parte a căderii de tensiune, motiv pentru care curentul de sarcină trebuie să fie mic pentru a nu se depăși puterea disipată maxim admisă de tranzistoare.

Prin randamentul mult scăzut pe care îl prezintă la căderi mari de tensiune între intrare și ieșire, schema se pretează doar la curenți mici de ordinul miliamperilor, fiind avantajoasă față de sursele în comutație prin ajustabilitatea tensiunii într-o gamă largă, simplitate, preț și zgomot redus.

Stabilizator de tensiune programabilă

Inițial, toate tranzistoarele sunt blocate și tensiunea de ieșire este determinată de valorile rezistențelor R1 și R2.

Prin comanda cu semnale TTL a anumitor tranzistoare NPN, rezistorul asociat este conectat în paralel cu R2, modificând tensiunea de ieșire a regulatorului prin scurgerea la masă a curentului de pe pinul ADJ.

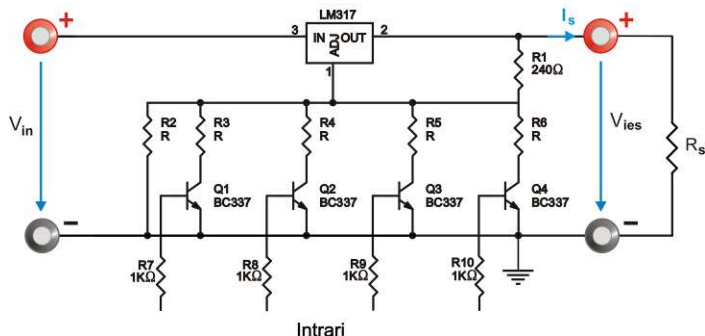


Figura 21 - Schema electrică a stabilizatorului comandat digital

În acest fel, tensiunea la ieșirea stabilizatorului va fi comandată de vectorul de intrare și va avea valoarea

$$V_{ies} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_{echiv\ 2-6}}{R_1} \right) + I_{reg} R_{echiv\ 2-6}$$

Recomandat R2=720Ω.

Generator de curent constant cu stabilizator monolitic

În cazul în care dorim să avem un curent constant pe o sarcină R_s variabilă, utilizăm cu succes un regulator monolitic LM317 pentru realizarea unei sarcini active.

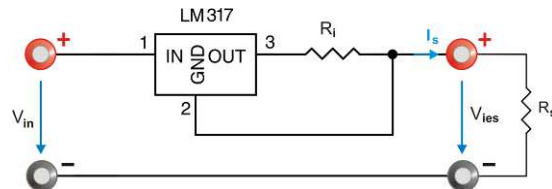


Figura 22 - Schema electrică a generatorului de curent constant

$$I_s = \frac{V_{ref}}{R_i}$$

Recapitulare asupra principalelor avantaje si dezavantaje ale reguletoarelor liniare

Pentru o bună înțelegere a funcționării circuitelor reguletoare liniare, este recomandat să facem o scurtă descriere a modulelor electronice pe care le utilizăm pe platformele de lucru.

Să începem cu:

Avantaje

Avantajele alimentatoarelor liniare sunt următoarele :

- sunt ușor de realizat
- pot fi ajustabile într-o gamă largă de tensiune la ieșire,
- dacă au element de reglare serie (ERS) cu tranzistoare CMOS, pot lucra la căderi mici de tensiune,
- furnizează tensiuni bine stabilizate în raport cu variația temperaturii mediului,
- au răspuns tranzitoriu bun la variațiile sarcinii sau ale alimentării (sunt rapide),
- nu introduc perturbații în rețeaua de alimentare și nu generează perturbații electromagnetice,
- prezintă un zgomot la ieșire neglijabil pentru majoritatea aplicațiilor,

Pentru evaluare, va prezentăm schema internă a circuitului stabilizator de tensiune integrat monolitic.

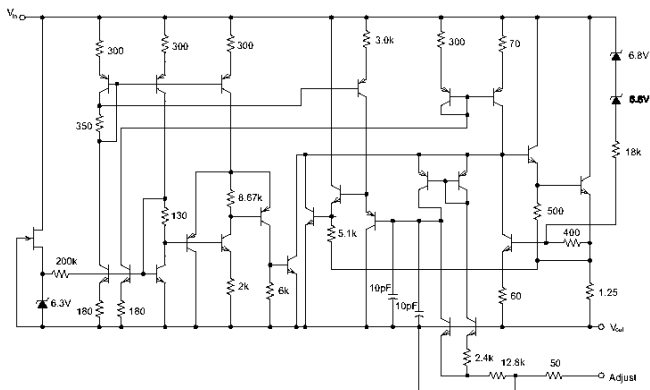


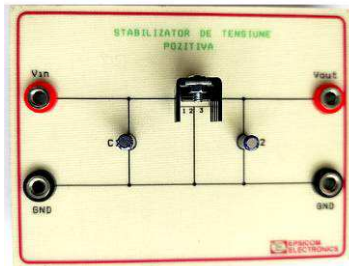
Figura 23 - Schema electrică internă a regulatorului LM317

Lucrări de laborator

Tema Nr. 1

I. Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă

Recapitulați prezentarea de la pagina 11.



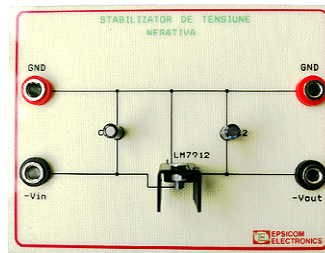
1. Se conectează ieșirea sursei de alimentare la bornele de intrare ale modulului (Atenție: borna roșie este tensiunea pozitivă iar borna neagră este tensiunea negativă, masă)
2. Se conectează o rezistență de sarcină variabilă cu valoare $10\Omega \dots 100\Omega/10W$ în serie cu un ampermetru de curent continuu la ieșirea modulului, între Vout și GND, masă.
3. Se conectează un voltmetru de curent continuu pe sarcina variabilă.
4. Se pornește sursa de alimentare pornind de la tensiunea de 0V și se variază tensiunea pe intrarea modulului până la valoarea de max.15V.
5. Se măsoară și se notează tensiunea pe sarcină și curentul prin aceasta la ieșirea modului, pentru fiecare variație de 1 volt la intrare.
6. Se notează tensiunea sursei se alimentare și curentul la intrarea modulului și calculați puterea disipată pe regulator.

7. Modificăm valoarea sarcinii de la 10Ω la 100Ω în trepte de câte 10Ω și repetăm măsurătorile de la punctul 5.
8. Măsurăm temperatura capsulei circuitului stabilizator cu un termometru cu afisaj.
9. Comparăm valorile citite cu valorile din foaia de catalog a stabilizatorului LM7805.
10. Faceți observații asupra acestor măsurători:
 - tensiunea de la intrare pentru care tensiunea la ieșire rămâne stabilă.
 - variația tensiunii de ieșire la variația curentului prin sarcină

II. Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune negativă

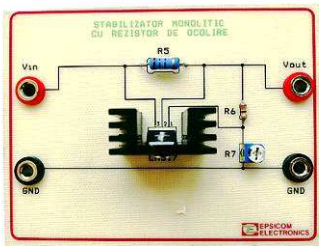
Recapitulați prezentarea de la pagina 11.

Repețiți operațiunile descrise anterior la capitolul **Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă**.



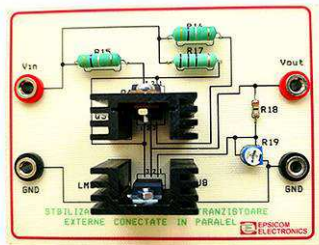
III. Extinderea gamei curentului de sarcină folosind rezistor de oclire

- Recapitulați prezentarea de la pagina 12.
- Repetați operațiunile descrise anterior la capitolul **Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă**.
- Utilizați la ieșire o sarcină de $5\Omega \dots 20\Omega/10W$
- Pentru mai multe valori ale tensiunii de ieșire, rotiți cursorul semireglabilului R7.



IV. Extinderea gamei curentului de sarcină folosind tranzistoare externe conectate în paralel

- Recapitulați prezentarea de la pagina 12.

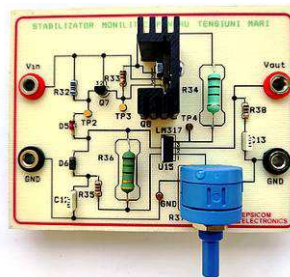


- Repetați operațiunile descrise anterior la capitolul **Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă**.
- Utilizați la ieșire o sarcină de $5\Omega \dots 20\Omega/10W$
- Pentru mai multe valori ale tensiunii de ieșire, rotiți cursorul semireglabilului R19

V. Stabilizator monolitic pentru tensiuni mari

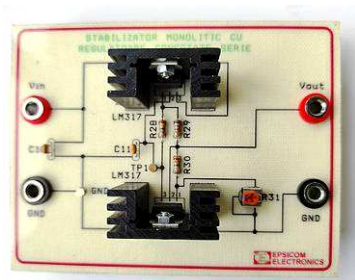
- Citiți prezentarea de la pagina 17.
- Repetați operațiunile descrise anterior la capitolul **Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă**.
- Pentru mai multe valori ale tensiunii de ieșire, rotiți cursorul semireglabilului R37

În cazul în care se doresc tensiuni de intrare mai mari 80V, se vor selecta tranzistoare care să admită tensiuni maxim admisibile corespunzătoare aplicației.



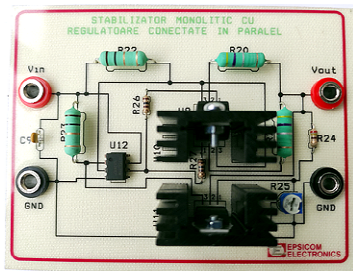
VI. Extinderea gamei tensiunii de intrare prin înserierea reglatoarelor

- Recapitulați prezentarea de la pagina 16.
- Pentru mai multe valori ale tensiunii de ieșire, rotiți cursorul semireglabilului R31.



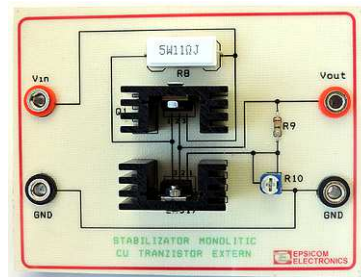
VII. Extinderea gamei curentului de sarcină folosind reglatoare conectate în paralel

- Recapitulați prezentarea de la pagina 15.
- Repetați operațiunile descrise anterior la capitolul **Stabilizatoare integrate monolitice de tensiune pozitivă.**
- Pentru mai multe valori ale tensiunii de ieșire, rotiți cursorul semireglabilului R25.



VIII. Implementarea protecției la supracurent a tranzistorului extern

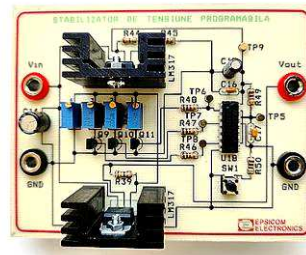
- Recapitulați prezentarea de la pagina 14.



IX. Stabilizator de tensiune programabilă

- Recapitulați prezentarea de la pagina 16.
- Inițial, toate tranzistoarele sunt blocate, Tensiunea de ieșire este determinată doar de valorile rezistențelor R1 și R2..
La comanda cu tensiunea de 5V pe bazele tranzistoarelor, tensiunea de ieșire va scădea. Aceasta este calculată cu formula:

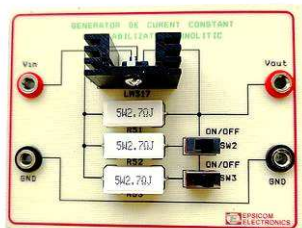
$$V_{ies} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_{echiv\ 2-6}}{R_1} \right) + I_{reg} R_{echiv\ 2-6}$$



X. Generator de curent constant cu stabilizator monolitic

- Recapitulați prezentarea de la pagina 18.
- Verificați curentul printr-o sarcină de 10Ω pentru diverse combinații ale comutatoarelor SW2, SW3, conform formulei:

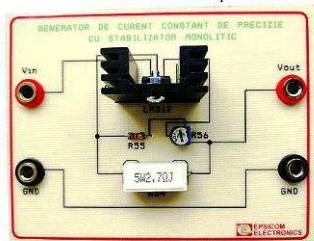
$$I_s = \frac{V_{ref}}{R_i}$$



XI. Generator de curent constant cu stabilizator monolitic

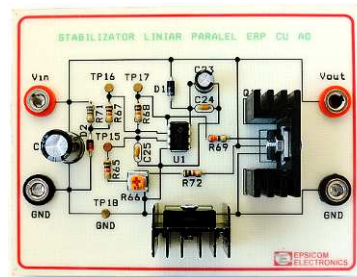
- Recapitulați prezentarea de la pagina 18.
- Verificați curentul printr-o sarcină de 10Ω pentru diverse valori reglate din R53, conform formulei:

$$I_s = \frac{V_{ref}}{R_i}$$



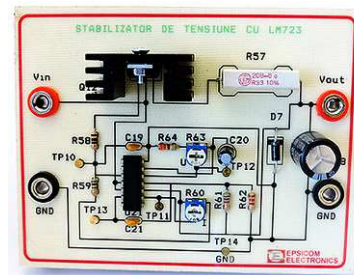
XII. Stabilizator de tensiune ERP cu AO

- Recapitulați prezentarea de la pagina 8.
- Verificați tensiunea sarcină de 100Ω pentru diverse valori reglate din R66, pentru variații ale tensiunii de intrare (max.12V)



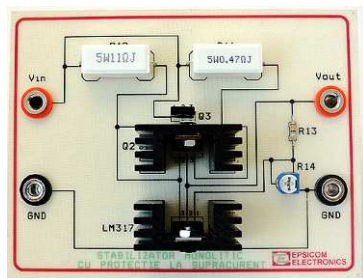
XIII. Stabilizator de tensiune cu LM723

- Recapitulați prezentarea de la pagina 10.
- Verificați tensiunea sarcini de 50-200Ω pentru diverse valori reglate din R63 pentru tensiune și R60 pentru limitare curent prin sarcină, pentru variații ale tensiunii de intrare (max.14V).



XIV. Stabilizator cu protecție la supracurent

- Recapitulați prezentarea de la pagina 14.
 - Verificați curentul printr-o sarcină de 200Ω pentru diverse valori ale tensiunii de ieșire reglate din R14.
 - a. Creșteți curentul prin sarcină prin scăderea valorii sarcinii și măsurați tensiunea la care începe limitarea.
 - b. Cuplați o sarcină de 1Ω la ieșire și variați tensiunea pe sarcină din R14 tensiunea la care începe limitarea.
- Explicați procesul de limitare.



Ce urmează?

Ați finalizat călătoria prin lecturarea documentației platformei Epsicom.

Acum sunteți familiarizați cu termenii, cunoașteți deja câteva tipuri de surse de alimentare liniare utilizate curent în electronică, rolul și funcționarea lor.

Ați aflat cum se generează tensiunile de alimentare, avantajele oferite de fiecare configurație, care sunt avantajele și dezavantajele folosirii acestora, cum pot fi estimate performanțele în raport cu costurile ce le presupune realizarea în fabricația aparaturii electronice.

Veti înțelege acum mult mai ușor principiile conform cărora tensiunile de alimentare pot avea un rol determinant în funcționarea corespunzătoare a aparaturii electronice.

Nu uitați însă că practica fundamentează cunoștințele teoretice iar teoria fără practică în inginerie este doar un mod superficial și provizoriu de cunoaștere, fără o deplină înțelegere a fenomenelor.

Vă invităm să vă alăturați miilor de utilizatori ai produselor firmei Epsicom.

Veți găsi idei noi și tutoriale foarte utile ce pot completa propriile voastre proiecte.

Bine ați venit!

Bibliografie

Laboratorul de Sisteme de Radiocomunicații, Universitatea Politehnică București,

1.5 A Adjustable Output, Positive Voltage Regulator

- Onsemi Semiconductors

LM317L-N Wide VIN 100-mA Adjustable Voltage Regulator

- Texas Instruments

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA

Facultatea de Electronică și Telecomunicații

- Ing. Valentin Ioan- Maranescu

Electronica surselor de alimentare - Dorin Petreuş

[All About Circuits](#)

Proiecte noi

Surse de tensiune în comutație

Clase de amplificatoare

Trasator de caracteristici pentru dispozitive semiconductoare

ATENȚIONARE

Toate produsele Epsicom sunt protejate de legea dreptului de autor și tratatul internațional privind drepturile de autor. Prin urmare, acest manual trebuie tratat ca orice alt material copyright. Nici o parte a acestui manual, inclusiv produsul descris în prezentul document, nu trebuie să fie reprodusă, stocată într-un sistem de preluare, tradusă sau transmisă sub orice formă sau prin orice mijloace, fără permisiunea prealabilă scrisă a Epsicom. Ediția manuală PDF poate fi tipărită pentru uz local sau privat, dar nu pentru distribuție. Orice modificare a acestui manual este interzisă.

Epsicom furnizează acest manual tutorial „așa cum este” fără garanție, exprimată sau implicită, incluzând însă garanțiile sau condițiile implicite de comercializare în scop educațional.

Epsicom nu își asumă nicio responsabilitate sau răspundere pentru erorile, omisiunile și inexactitățile care pot apărea în acest manual. În niciun caz, Epsicom, directorii, angajații sau distribuitorii săi nu vor fi răspunzători pentru daune indirecte, specifice, incidentale sau consecințe (inclusiv daune pentru pierderea profitului și informațiilor comerciale, întreruperea afacerii sau orice altă pierdere pecuniară) care rezultă din utilizarea acestui manual sau produs, chiar dacă Epsicom a fost înștiințat cu privire la posibilitatea unor astfel de daune. Epsicom își rezervă dreptul de a schimba informațiile conținute în acest manual în orice moment, fără notificare prealabilă, dacă este necesar.

Produsele Epsicom nu sunt proiectate, fabricate sau destinate utilizării sau revânzării ca echipamente de control, în medii care necesită performanțe în condiții de siguranță, cum ar fi în exploatarea instalațiilor care ar putea duce la daune fizice sau de mediu grave.

Epsicom și furnizorii săi renunță în mod specific la orice garanție expresă sau implicită pentru activitățile cu risc ridicat.

Numele, sigla Epsicom și logo-ul Epsicom sunt mărci înregistrate ale Epsicom.

Toate celelalte mărci comerciale menționate aici sunt proprietatea companiilor respective.

Toate celelalte nume de produse și corporații care apar în acest manual pot sau nu să fie mărci înregistrate sau cu drepturi de autor ale companiilor respective și sunt utilizate numai pentru identificare sau explicație și în beneficiul proprietarilor, fără intenția de a încălca.

Copyright © EPSICOM 2020, All Rights Reserved.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre,
vizitați site-ul nostru www.epsicom.com

Dacă aveți întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri,
nu ezitați să ne contactați la office@epsicom.com