

CIRCUITE PENTRU ALIMENTARE ȘI PENTRU ELEMENTE DE EXECUȚIE

Stabilizatoare de tensiune

Scopul: alimentare cu tensiune stabilizată a circuitelor electronice

Perturbații:

- sarcina (curent consumat variabil)
- alimentarea (variații lente + variații rapide, cauzate de alți consumatori sau de tensiunea redresată)
- temperatura (variații foarte lente)

Perturbațiile cu variație lentă alterează doar regimul staționar. Perturbațiile rapide afectează regimul dinamic al sursei (pot apărea abateri importante, în regimul tranzitoriu, ca urmare a salturilor în mărimile perturbatoare).

Mărimile prin care este caracterizat stabilizatorul:

- tensiunea nominală de sarcină, respectiv domeniul de variație al tensiunii de sarcină – în cazul stabilizatoarelor cu tensiune de ieșire ajustabilă;
- curentul de sarcină nominal;
- domeniul tensiunilor de alimentare admisibile;
- intervalul admisibil de temperatură;
- coeficientul de stabilizare a tensiunii de sarcină, în raport cu tensiunea de alimentare;
- rezistența internă (stabilizarea tensiunii de sarcină, în raport cu curentul de sarcină);
- coeficientul de variație a tensiunii de sarcină în raport cu temperatura;
- suprareglajul maxim și durata regimului tranzitoriu, produse de o variație a sarcinii;
- suprareglajul maxim și durata regimului tranzitoriu, produse de o variație a alimentării.

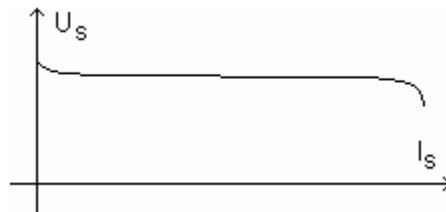


Figura 5.1: Caracteristica externă (de sarcină) a stabilizatorului (regim staționar)

Panta caracteristicii în jurul unui punct de funcționare: rezistența internă, care are caracterul unui factor de stabilizare în raport cu sarcina (calculat la alimentare și temperaturi constante):

$$R_i = -\frac{\partial U_s}{\partial I_s} \quad (5.1)$$

Factor de stabilizare în raport cu alimentarea (calculat la sarcină și temperatură constante):

$$K = \frac{1}{\frac{\partial U_s}{\partial U_a}} \quad (5.2)$$

Acești parametri nu sînt constante (depind de punctul de funcționare).

Fabricantul furnizează sensibilitățile în raport cu perturbațiile sub forma mărimilor de mai sus (pentru un anumit interval al regimului staționar), sau sub forma variațiilor maxime ale tensiunii de ieșire, pentru o combinație a intervalelor perturbațiilor.

Exemplu: Pentru o sursă stabilizată, fabricantul garantează că rezistența de ieșire este sub 50mohm, dacă curentul de sarcină variază între 10% și 90% din curentul maxim admis, oricare ar fi tensiunea de alimentare în domeniul admis.

Exemplu: Pentru o sursă stabilizată, fabricantul garantează că tensiunea de ieșire variază cu mai puțin de 40mV, dacă curentul sarcină variază între 10% și 90% din curentul maxim admis, tensiunea de alimentare variază între $\pm 10\%$ față de valoarea nominală, iar temperatura ambiantă este între 10-30 grade.

Caracterizarea regimului tranzitoriu: funcția indicială

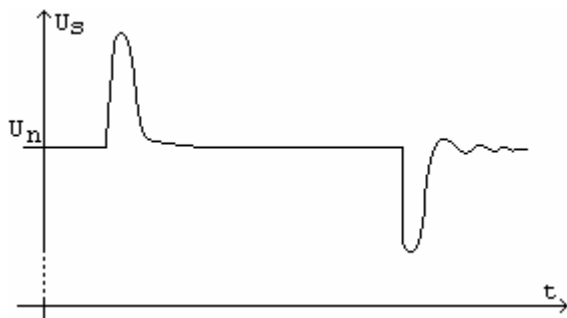


Figura 5.2: Răspunsul stabilizatorului la variația sarcinii și la variația tensiunii de alimentare

Sursă 12V/1A, răspuns la variația sarcinii, curentul de sarcină între 90% - 10% și invers

Timpe tranzitoriu: milisecunde

Depășire: sute de mV

Limitarea curentului: protejarea stabilizatorului (eventual a sarcinii).

Utilitatea celor trei tipuri de limitare: abruptă, cu întoarcere, cu declanșare (vezi cursul 9 CEF)

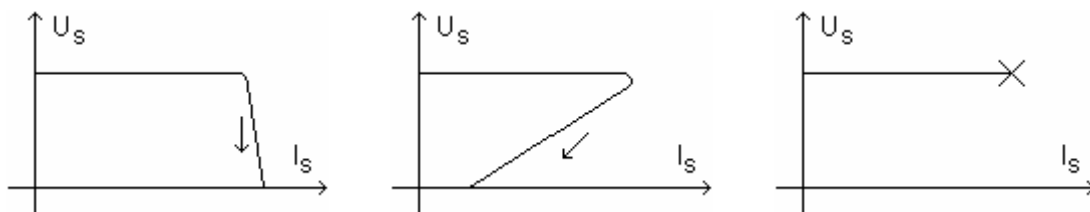
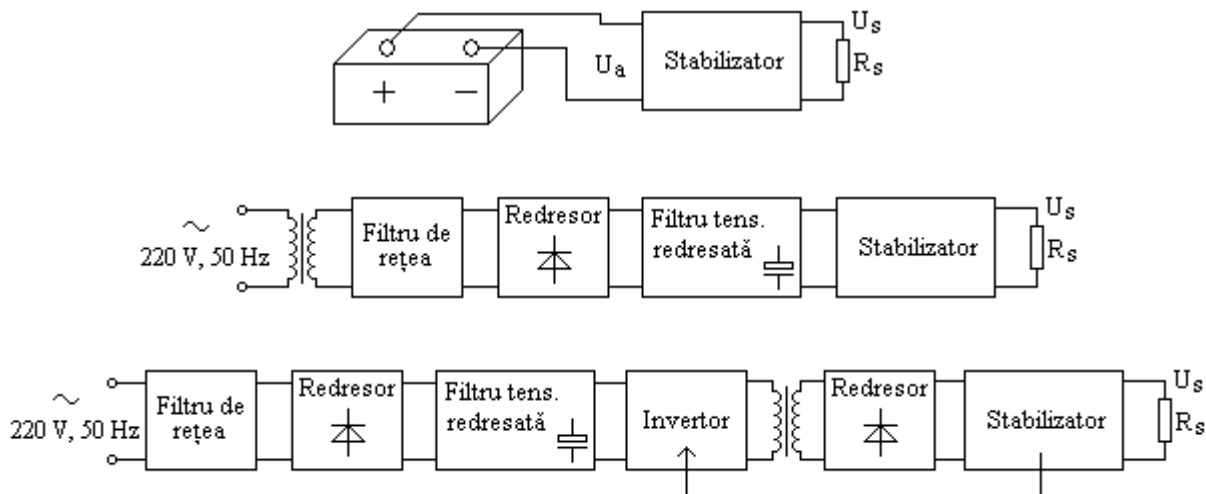


Figura 5.3: Limitare de curent abruptă, "cu întoarcere", cu declanșare

Vezi exemplu foaie de catalog sursă Farnell

Exemple de surse de alimentare stabilizate:

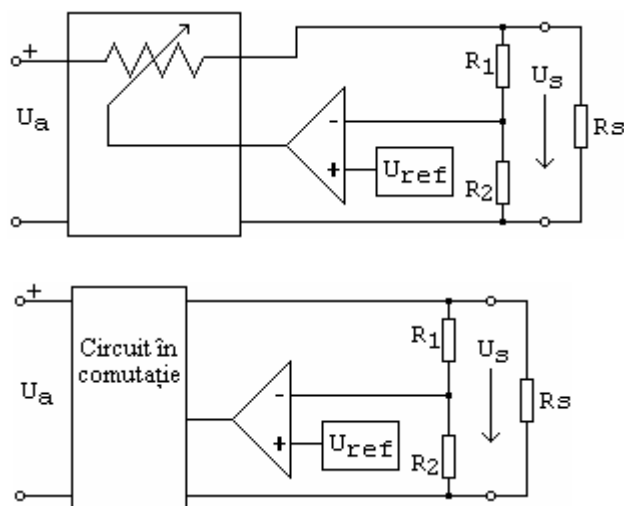


Tipuri de stabilizatoare:

- stabilizatoare parametrice (se bazează numai pe caracteristica neliniară a unui dispozitiv electronic);
- stabilizatoare cu reacție (cu amplificator de eroare).

Regimul de funcționare al dispozitivului de putere (în stabilizatoare cu reacție):

- stabilizatoare liniare
- stabilizatoare în comutație



5.2 Stabilizatoare liniare de tensiune

Stabilizatoare parametrice

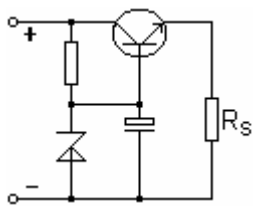


Figura 5.4: Stabilizator serie

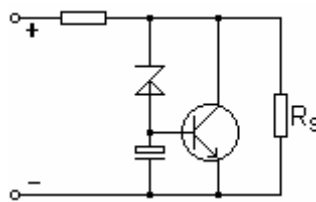


Figura 5.5: Stabilizator paralel

Vezi CEF – curs 9

Stabilizatoare cu reacție (cu amplificator de eroare, cu reglarea automată a tensiunii)

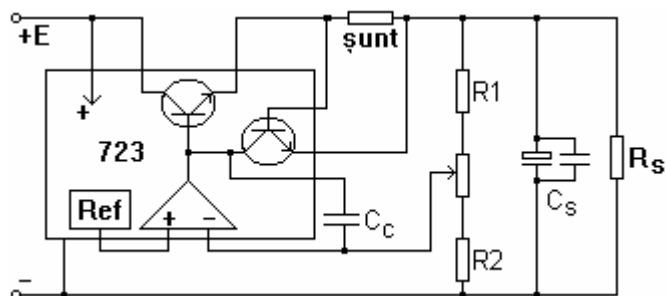


Figura 5.6: Stabilizator liniar de tensiune, cu amplificator de eroare

De observat:

- Reacția negativă
- Regimul de lucru al tranzistorului
- structura de sistem de reglare automat
- Rolurile componentelor
- Tensiunea nominală pe sarcină (circuit cu reacție), relația (5.3)
- Stabilizarea în raport cu sarcina (5.4)
- Stabilizarea în raport cu alimentarea (5.5, 5.6)
- Valori uzuale ale parametrilor
- Rolul C, tehnologia C
- Tranzistor serie compus (figura 5.7)
- Tipul de limitare, a doua buclă de reglare (curent), elementul neliniar, relația (5.7)

$$U_s = U_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} = U_n \quad (5.3)$$

$$R_o = \frac{h_i + Z_o}{h_f + 1} \cdot \frac{R_1 + R_2}{aR_2}, \quad (5.4)$$

Stabilizarea parametrică are coeficientul K_I iar stabilizarea cu reacție are coeficientul:

$$K_2 = \frac{1}{h_o} \cdot \frac{h_f + 1}{h_i + Z_o} \cdot a \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (5.5)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + \frac{1}{K_2}. \quad (5.6)$$

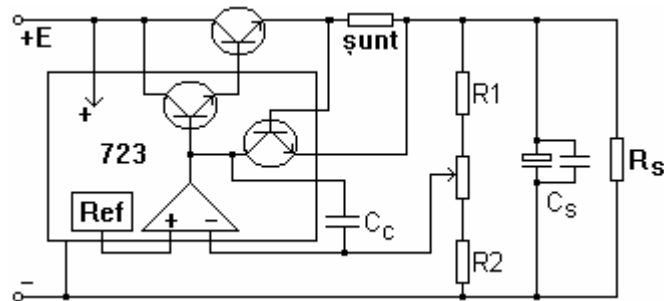


Figura 5.7: Stabilizator cu tranzistor serie compus

Limitare abruptă

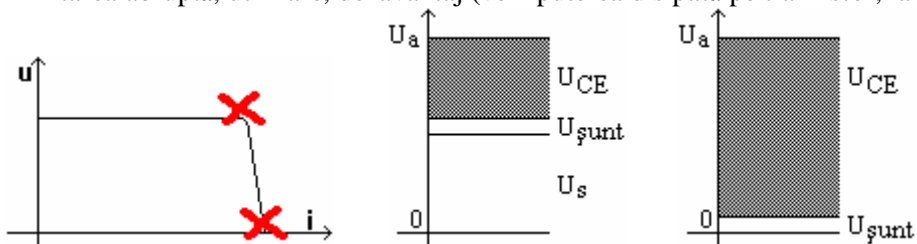
Proiectarea șuntului:

$$R_{șunt} = \frac{0,7V}{I_{s-max}}. \quad (5.7)$$

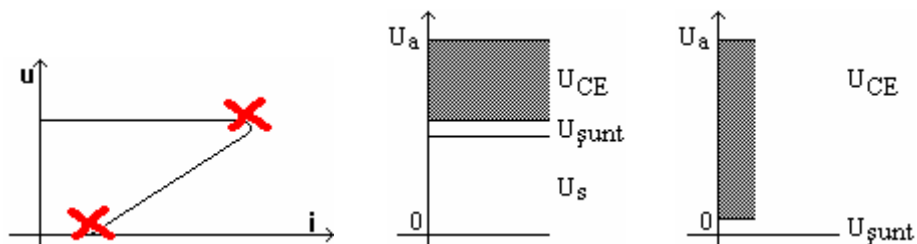
Dimensionarea tranzistorului serie (pe întregul interval de temperatură):

- curentul maxim de colector (I_{Cmax}) este chiar curentul maxim prin sarcină;
- tensiunea maximă pe tranzistor (U_{CEmax}) apare în regimul de scurtcircuit pe ieșire și este aproape tensiunea de alimentare;
- puterea maximă disipată (P_{dmax}) apare tot în regimul de scurt pe ieșire și este produsul dintre curentul maxim și tensiunea de alimentare.

Limitarea abruptă, utilizare, dezavantaj (vezi puterea disipată pe tranzistor, la curent maxim și la scurtcircuit)



Limitare cu întoarcere, utilizare, avantaj (vezi puterea disipată pe tranzistor, la curent maxim și la scurtcircuit)



Limitare cu întoarcere

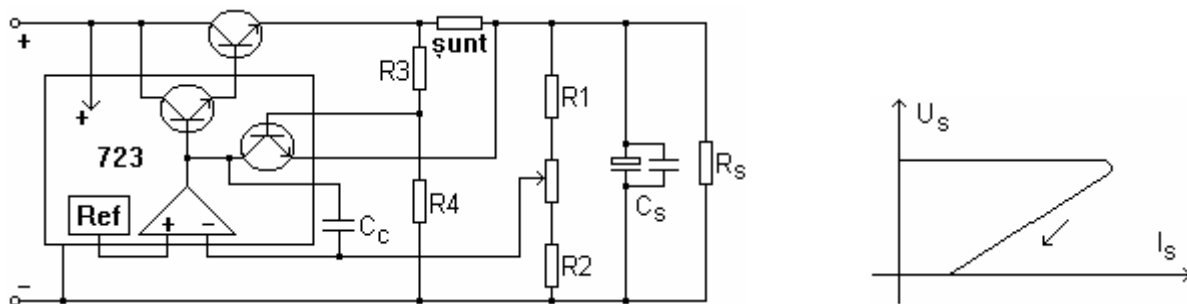


Figura 5.8: Stabilizator de tensiune, limitare de curent cu întoarcere

$$U_s = U_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} = U_n$$

$$U_{BE} = I_s R_{\text{sunt}} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot (U_s + I_s R_{\text{sunt}}) = I_s R_{\text{sunt}} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} - U_s \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} \quad (5.8)$$

$$I_{s-\text{max}} = \frac{U_n R_3}{R_4 R_{\text{sunt}}} + \frac{0,7V}{R_{\text{sunt}}} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \quad (5.9)$$

$$I_{scc} = \frac{0,7V}{R_{\text{sunt}}} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \quad (5.10)$$

Vezi foaie catalog LM723

Exemplu de proiectare

Cerințe:

- tensiunea nominală 15V
- curentul de sarcină nominal 500mA, limitat cu întoarcere
- rezistența internă mai mică de 20mΩ
- zgomotul pe sarcină (de la vîrf la vîrf) mai mic de 30mV
- alimentare de la rețea, prin transformator, un redresor și un filtru, frecvența 50Hz, abaterile admise ±10%.

Ipoteză: circuitul integrat $\beta A723$ asigură un coeficient de stabilizare satisfăcător, în intervalul de temperatură impus ([5], [16]).

Tensiunea de referință generată de circuitul integrat este de $7,15V \pm 2\%$.

Raportul de divizare dat de R_1-R_2 , în conformitate cu relația $U_s = U_{ref} \frac{R_1 + R_2}{R_2} = U_n$.

Condiția ca prin divizor să treacă un curent mare față de curentul de polarizare al amplificatorului de eroare și mic față de curentul maxim de sarcină. Valoarea de 1mA este considerată rezonabilă, așa încît rezultă:

$\frac{R_1 + R_2}{R_2} = 2,1$ și $R_1 + R_2 = 15k$, ceea ce duce la soluția $R_1 = 7,85k$ și $R_2 = 7,15k$. Se aleg valori din producția de serie, spre exemplu cu toleranță de $\pm 5\%$: $R_1 = 8,2k$ și $R_2 = 7,5k$.

Rolul semireglabilului

Tranzistorul intern al circuitului integrat suportă 150mA

Tranzistor extern

Ipoteză: tensiunea pe șunt nu depășește o valoare rezonabilă (spre exemplu, 2V)

Se proiectează alimentarea nestabilizată.

Fie E tensiunea de alimentare. Ea conține o componentă medie E_m și o componentă de zgomot, E_z .

Constrîngerile filtrului

3V pentru componenta de zgomot a tensiunii de alimentare (dimensionarea condensatorului de filtrare și a diodelor).
Constrîngerile pentru componenta medie: tranzistorul serie nu trebuie să se satureze

Situația cea mai defavorabilă: tensiunea de rețea la valoarea minimă, curentul absorbit de sarcină este maxim, zgomotul este în alternanța negativă.

$$E_m \cdot 90\% - \frac{E_z}{2} = U_{CE} + U_{șunt} + U_n \quad (5.11)$$

Tranzistorul serie este compus: $U_{CE\min} = 2 \cdot U_{BE} = 1,4V$.

Rezultă $E_m \cdot 90\% > 19,9V$.

Componenta medie: $E_m = 22,2V$.

Valoarea maximă a componentei medii (cazul cel mai defavorabil pentru solicitarea în tensiune și în putere a tranzistoarelor montate în serie cu sarcina):

$E_m \cdot 110\% = 24,4V$ cînd sarcina absoarbe curentul maxim

$E_m = 27V$ cînd stabilizatorul lucrează în gol (am considerat 2,6V creșterea tensiunii de mers în gol a transformatorului, față de tensiunea în sarcină).

Alegerea șuntului și a divizorului R_3-R_4 .

Alegerea curentului de scurtcircuit, două constrîngeri contradictorii: puterea disipată pe tranzistorul serie crește odată cu acest curent, iar tensiunea pe șunt scade odată cu același curent.

Puterea disipată pe tranzistor, pe curba de întoarcere a caracteristicii externe (tensiunea de alimentare nominală). Parametrul familiei de curbe este raportul dintre curentul de scurtcircuit și curentul maxim (curba de sus la limitarea abruptă).

Valorile maxime ale puterii disipate în funcționare normală (stabilizare) sînt cele din extremitatea dreaptă a figurii

Un compromis rezonabil: curba $I_{scc} = 0,4I_{s-\max}$

Verificată ipoteza că tensiunea pe șunt nu depășește 2V.

$$R_{\text{șunt}} = \frac{U_n \cdot 0,7V}{I_{\text{scc}}(U_n + 0,7V) - I_{s-\text{max}} \cdot 0,7V} = 3,76\Omega, \quad (5.12)$$

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{0,7V(I_{s-\text{max}} - I_{\text{scc}})}{U_n I_{\text{scc}} - 0,7V(I_{s-\text{max}} - I_{\text{scc}})} = 0,075. \quad (5.13)$$

Rezistoarele R_3 și R_4 se aleg de 1k, respectiv 13k. Tensiunea maximă pe șunt are valoarea 1,9V, deci satisface presupunerea inițială. Din figura 5.9 se constată că puterea maximă pe tranzistor este mai mică de 5W și apare în regim de limitare, când tensiunea pe sarcină este în jurul valorii de 5V. Puterea maximă pe tranzistor, în regim de funcționare normală, este abia de 2,6W.

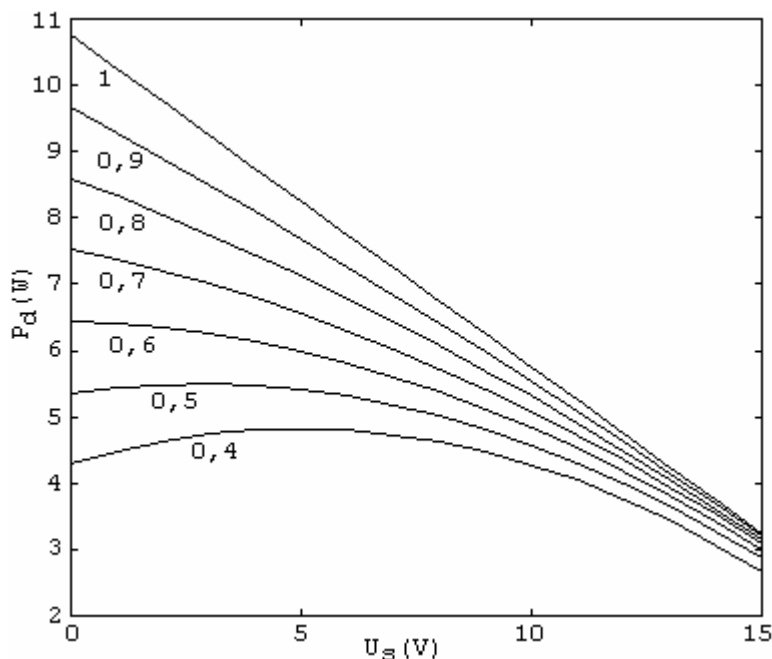


Figura 5.9: Puterea disipată pe tranzistor, în regimul de limitare

Tranzistorul (curentul de scurt 0,2A): curent maxim 0,5A, tensiune maximă $24,4V - 0,8V = 23,6V$ (apare la scurtcircuit, cu tensiunea de alimentare maximă) și putere disipată maximă 5,5W (calculată tot la tensiune maximă de alimentare).

BD235, în capsulă TO126.

Radiator.

Verificare parametri tranzistor, curent furnizat de circ. integrat

La curentul de 0,5A, amplificarea de curent a tranzistorului este mai mare de 30 (am considerat temperatura maximă sub 50 grade), deci curentul de bază necesar este de 17mA. Curentul furnizat de integrat (150mA) este satisfăcător.

Puterea disipată pe integrat: sub 500mW. La această putere contribuie doi termeni: puterea disipată pe tranzistorul serie intern și puterea disipată pe restul integratului. Prima componentă se calculează similar cu puterea disipată pe tranzistorul extern și are valoarea maximă de 160mW. A doua componentă este produsul dintre curentul absorbit în restul circuitelor integratului (4mA, se ia din catalog) și tensiunea maximă de alimentare (24,4V). Suma puterilor disipate este 260mW, mai mică decât cea admisibilă. Dacă puterea disipată pe capsula integratului depășește puterea maximă admisă, este necesar să se micșoreze curentul furnizat de tranzistorul intern, prin introducerea a încă unui tranzistor intermediar.

Zgomotul

Banda

Randamentul

Protecția la supratensiune

Reacționează la defect extern și la defect în stabilizator. În ambele cazuri, produce scurtcircuit la ieșire. Dacă stabilizatorul e valid, limitarea de curent îl protejează împotriva scurtcircuitului. Dacă defectul e în stabilizator, protecția o asigură siguranța fuzibilă de pe alimentare.

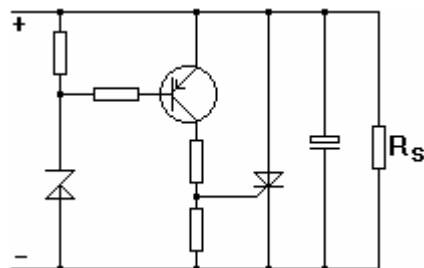


Figura 5.10: Circuit de protecție la supratensiune pe ieșire

Alte variante de stabilizatoare

Pentru stabilizarea unor tensiuni mari, pe care circuitul integrat nu le suportă, trebuie folosite alte scheme. Dacă fluctuația tensiunii nestabilizate este mică (mai mică decât diferența dintre tensiunea maximă și cea minimă de alimentare a integratului, adică 20V), este posibil să se proiecteze un stabilizator în care integratul are borna negativă legată la borna pozitivă a sarcinii. Pentru că borna negativă a stabilizatorului nu este legată la comunul dintre sursă și sarcină, se spune că lucrează în regim flotant. O astfel de schemă este prezentată în figura 5.11 ([16]). Se observă cum alimentarea integratului se face cu o diodă Zener și un rezistor. Se mai observă cum se compară referința și reacția, astfel încât reacția să fie negativă:

$$U_s = A[(U_s + U_{ref}) \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_s - U_{ref} \frac{R_3}{R_3 + R_4}] - 2U_{BE} - U_{șunt} \quad (5.14)$$

Din relația (5.14) se observă că coeficientul lui U_s din membrul drept este negativ, ceea ce înseamnă că reacția este negativă. Din aceeași relație se deduce tensiunea nominală de sarcină:

$$U_n = U_{ref} \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 (R_2 + R_3)} \quad (5.15)$$

Restul proiectării decurge ca mai sus, cu mențiunea că regimul de scurtcircuit este aici mai dur pentru tranzistorul serie și pentru stabilizatorul parametric (cu diodă Zener), deci acestea vor fi dimensionate pentru tensiuni și puteri mai mari decât în cazul schemei 5.7.

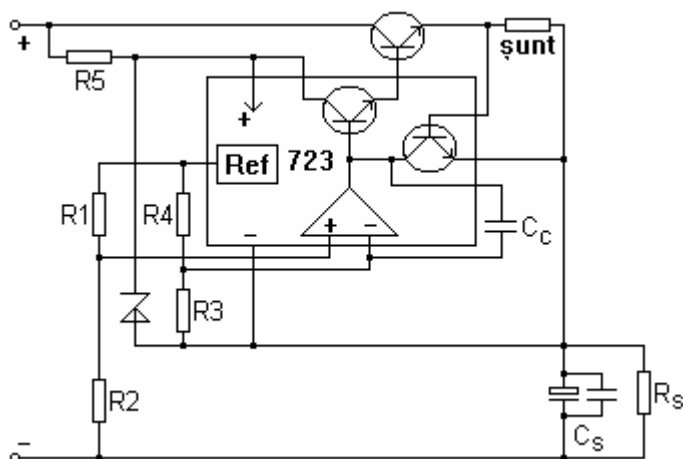


Figura 5.11: Stabilizator de tensiune pozitivă, în regim flotant

În figura 5.12 se prezintă un stabilizator de tensiune negativă, realizat cu același circuit integrat. O deosebire importantă apare datorită plasării tranzistorului serie pe conductorul de alimentare negativă. El a fost ales de tip *npn* și are nevoie de o deplasare a nivelului bazei cu o diodă Zener, pentru că emitorul tranzistorului intern nu poate coborî la nivel mai negativ decât polul cel mai negativ al integratului. Dioda este și ea integrată.

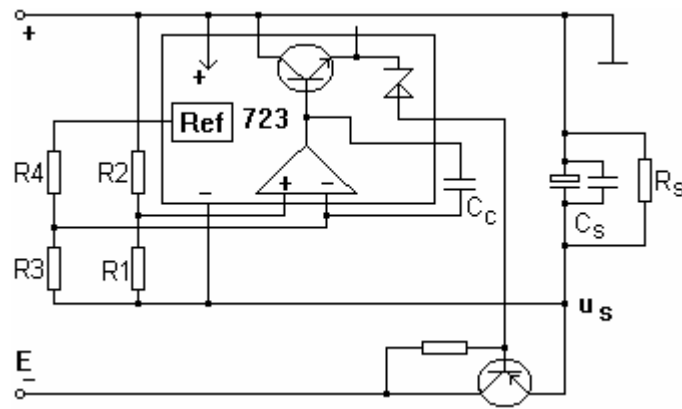


Figura 5.12: Stabilizator de tensiune negativă

Pentru stabilirea reacției și calculul tensiunii nominale de ieșire, se procedează ca mai sus: tensiunile intrărilor neinversoare și inversoare, calculate față de potențialul nul, sînt

$$u^+ = U_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (5.16)$$

$$u^- = (U_s + U_{ref}) \frac{R_3}{R_3 + R_4} + U_s \frac{R_4}{R_3 + R_4} = U_s + U_{ref} \frac{R_3}{R_3 + R_4}. \quad (5.17)$$

Din diferența lor rezultă că semnul coeficientului lui U_s este negativ, precum și valoarea tensiunii de sarcină nominale:

$$U_n = -U_{ref} \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R_4)} \quad (5.18)$$

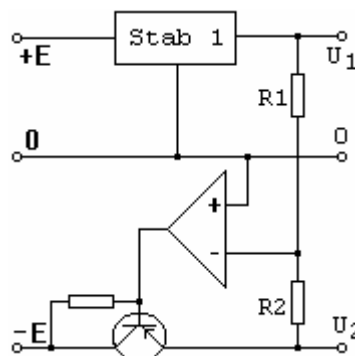


Figura 5.13: Stabilizator dual (cel negativ în regim de urmărire)

În circuitele de alimentare în care este importantă simetria tensiunilor față de un potențial comun, inclusiv a zgomotului, se poate realiza stabilizatorul dublu în așa fel încît una din tensiuni este independentă, în timp ce cea de a doua o repetă simetric pe prima. Se spune că al doilea stabilizator lucrează în regim de urmărire (ca în figura 5.13). Reacția în acest stabilizator este negativă, iar tensiunea de ieșire, calculată ca în orice amplificator inversor, este dată de relația:

$$U_2 = -U_1 \frac{R_2}{R_1}. \quad (5.19)$$

Dacă se aleg rezistoare egale, tensiunile de sarcină rezultă egale în modul și de semn opuse. Există circuite integrate în care sînt cuprinse elementele ambelor stabilizatoare din schema duală.

[Vezi schemă stabilizator Siemens](#)

Stabilizator integrat cu trei terminale

Pentru că unele tensiuni de alimentare sînt practic standardizate, producătorii pun la dispoziția proiectanților de aparate

stabilizatoare de tensiune fixă, integrate, care se conectează prin numai trei terminale. Aceste circuite simplifică semnificativ partea de proiectare a alimentării. Schema internă simplificată a unui astfel de circuit este cea din figura 5.14. Circuitul are prevăzută limitarea puterii maxime disipate, chiar în regim de scurtcircuit. Conectarea exterioară se realizează ca în figura 5.15, care conține un rezistor pentru asigurarea consumului minim și un condensator antioscilație. Consumul minim este necesar atunci când sarcina poate să scadă la curenți mici, unde stabilizarea este slabă. Un exemplu de familie de circuite stabilizatoare este familia Motorola MC78xx; cifrele xx desemnează tensiunea pozitivă stabilizată, adică 5V, 8V, 10V, 12V, 15V, 20V, 24V. Familia MC79xx conține stabilizatoarele duale, de tensiune negativă. Spre exemplu, MC7805 este stabilizator de tensiune pozitivă, 5V, iar MC7905 este stabilizatorul de -5V. Curentul maxim depinde de capsulă și poate fi între 0,3A și 1,5A. Un circuit similar, LM323, în capsulă TO3, admite curent maxim de 3A și putere maximă disipată de 30W.

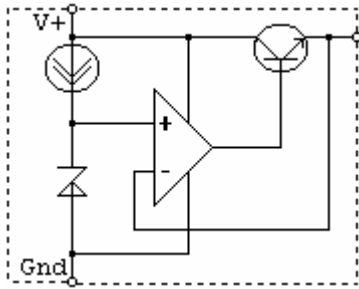


Figura 5.14: Stabilizator de

tensiune fixă

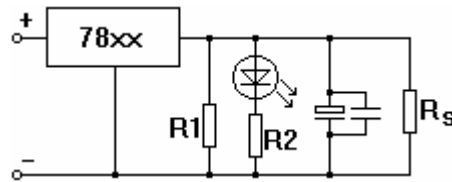


Figura 5.15: Conectarea stabilizatorului

Una dintre limitările tipice ale stabilizatorului este tensiunea minimă ce trebuie asigurată între intrarea și ieșirea circuitului, în regim de stabilizare. Pentru familia MC78xx această tensiune depășește 2V. Există și circuite cu cădere foarte mică de tensiune între intrare și ieșire (LDO = *low dropout*).

Folosind stabilizatoare cu consum intern mic de curent, se poate obține tensiune de sarcină diferită de cea stabilită intern. Conectarea se face ca în figura 5.16 (spre exemplu, LM317). Tensiunea de sarcină se calculează din tensiunea nominală, cu relația:

$$U_s = U_n \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (5.20)$$

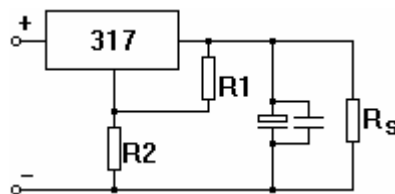


Figura 5.16: Stabilizator de tensiune reglabilă prin rezistoare

Pentru buna funcționare a circuitelor din figura 5.16, este esențial curentul foarte mic din terminalul GND. În caz contrar, curentul din R2 devine dependent de curentul de sarcină, ceea ce afectează tensiunea de ieșire, deci se deteriorează caracterul stabilizator.

Vezi foaie catalog MC7805, 7905, LM317

Exemplu de proiectare cu stabilizator cu 3 terminale

Cerințele uzuale ale beneficiarului:

- Tensiunea nominală
- Curentul de sarcină maxim (în regim de stabilizare)
- Valoarea maximă a abaterilor produse de perturbații
- Riplul maxim al tensiunii pe sarcină
- Rezistența internă maximă
- Durata maximă a regimului tranzitoriu, ca urmare a unei variații în treaptă a perturbațiilor rapide
- Suprareglajul maxim în regim tranzitoriu
- Domeniul maxim al temperaturilor de lucru
- Limitele tensiunii de alimentare nestabilizate (uneori beneficiarul impune o anumită sursă nestabilizată)

Presupunem că beneficiarul a cerut:

- Tensiune de ieșire nominală de 5V, acceptată între 4,75 și 5,25V
- Curent maxim 1A
- Domeniul tensiunilor de lucru 0-70 grade
- Abatere maximă a tensiunii de 200mV, pentru orice combinație a mărimilor perturbatoare
- Rezistența internă maximă 20mohm
- Riplu maxim 10 mV
- Protecție la depășirea curentului sau a temperaturii

Printre candidații posibili găsim LM7805 (în schema din fig. 5.15), care asigură: tensiune nominală 5V, curent maxim 1A, protecție la supracurent și supratemperatură (*internally limited power dissipation*), rezistență internă 8 mohm, domeniul de temperatură 0-70grade. Îndeplinirea celorlalte cerințe depinde de alegerea sursei de alimentare. În scopul evaluării lor, extragem din foaia de catalog celelalte performanțe:

- Tensiunea minimă intrare-ieșire 2V
- Tensiunea maximă de alimentare 35V
- Puterea maximă disipată pe capsula TO3 este 2W (fără radiator, temperatura ambiantă 70 grade), pînă la 20W (radiator infinit, temperatura ambiantă 70 grade). Pentru capsula TO220, aceste limite sînt 1,25W, respectiv 19,5W.
- Abatere a tensiunii de ieșire 50 mV, pentru tot intervalul temeperaturilor și curentului de ieșire, tensiunea de alimentare între 8-20V
- Rejecția riplului de 100Hz = 62 dB, pentru tensiunea de alimentare între 8-18V

Presupunem că avem la dispoziție o sursă de alimentare, la care riplul este de $\pm 1V$ iar variația tensiunii medii este de $\pm 10\%$. Valoarea minimă a tensiunii de alimentare se atinge la variație -10% și riplu $-1V$. Această valoare trebuie să fie mai mare decît tensiunea nominală + tensiunea minimă intrare-ieșire:

$$U_{a-med} \cdot (90\%) - 1V > U_{s-nom} + U_{min-io} = 7V$$

Valoarea maximă a tensiunii de alimentare se atinge la variație $+10\%$ și riplu $+1V$ și trebuie să fie mai mică decît tensiunea maximă admisă:

$$U_{a-med} \cdot (110\%) + 1V < U_{a-max} = 35V$$

Puterea maximă disipată pe capsulă (în regim de stabilizare) se atinge la variație $+10\%$ și curent de sarcină maxim:

$$P_d = [U_{a-med} \cdot (110\%) - U_{s-nom}] \cdot I_{s-max} < P_{d-max} = 20W$$

Rezultă următoarele trei limitări:

$$0,9 \cdot U_{a-med} > 8V$$

$$1,1 \cdot U_{a-med} < 34V$$

$$1,1 \cdot U_{a-med} < 20W / 1A + 5V = 25V$$

Se poate alege tensiunea medie mai mare de 8,9V și mai mică de 18V (a doua restricție este mai slabă decît a treia). Presupunem că am ales tensiunea medie de alimentare de 10V. Rezultă că tensiunea de alimentare este în limitele pentru care abaterea maximă a tensiunii de sarcină nu depășește 50mV. Mai rezultă că riplul pe sarcină este atenuat cu 62dB (cam de 1000 ori), deci nu depășește $\pm 1mV$. În fine, deși a treia restricție ne garantează că nu se depășește puterea maximă disipată pe capsulă, ea trebuie calculată, pentru a alege radiatorul. Puterea maximă disipată este:

$$P_d = [U_{a-med} \cdot (110\%) - U_{s-nom}] \cdot I_{s-max} = 6W,$$

ceea arată că trebuie amplasat un radiator. (Din grafice rezultă că radiatorul trebuie să aibă rezistența termică cam 8grade/W.)

Pentru capsulă stabilizator cu posibilitate de ajustare (LM317, în schema din fig. 5.16), proiectarea decurge la fel, plus dimensionarea divizorului rezistiv. Tensiunea nominală de ieșire este 1,25V. Din relația (5.20) se determină raportul R_2 / R_1 (rezultă valoarea 3), apoi se impune condiția ca variația curentului prin terminalul GND (*Adjustment pin current change*) să fie mult mai mică decît curentul prin cele două rezistoare (spre exemplu, de 100 ori, pentru o eroare cam de 1%). De aici:

$$\frac{U_n}{R_1} > 100 \cdot 5 \mu A$$

În cazul prezentat, se pot alege rezistoarele astfel încît curentul prin ele să fie de 1mA, respectiv 3,6k și 1,2k.

