

## Cuprins CAPITOLUL 8

### STABILIZATOARE DE TENSIUNE REALIZATE CU CIRCUITE INTEGRATE

ANALOGICE .....	220
8.1 Introducere .....	220
8.2 Stabilizatoare de tensiune realizate cu amplificatoare operaționale .....	221
8.3 Stabilizatoare de tensiune integrate .....	224
8.3.1 Stabilizatoare de tensiune integrate din prima generație .....	224
8.3.2 Stabilizatoare de tensiune integrate din generația a doua .....	227
8.3.3 Stabilizatoare de tensiune fixă .....	229

## Capitolul 8

# STABILIZATOARE DE TENSIUNE REALIZATE CU CIRCUITE INTEGRATE ANALOGICE

### 8.1 Introducere

Stabilizatoarele de tensiune sunt circuite electronice care mențin constantă tensiunea pe rezistența de sarcină (tensiunea stabilizată), în condițiile variației tensiunii de intrare (tensiunea nestabilizată), a curentului de sarcină și a temperaturii.

Conectat între redresor și sarcină, stabilizatorul transformă sursa de tensiune nestabilizată într-o sursă de tensiune stabilizată.

După principiul de funcționare se pot deosebi două tipuri de stabilizatoare de tensiune:

- stabilizatoare liniare,
- stabilizatoare în comutație.

Stabilizatoarele liniare se împart, după același principiu, în:

- stabilizatoare parametrice,
- stabilizatoare cu reacție.

**Stabilizatoare parametrice.** Funcționarea lor se bazează pe capacitatea diodei Zener de a menține tensiunea constantă la bornele sale într-un domeniu dat (numit domeniu de stabilizare). Performanțele de stabilizare a tensiunii de ieșire, asigurate de un astfel de stabilizator, sunt strict determinate de caracteristica tensiune-curent a diodei folosite, motiv pentru care se numesc stabilizatoare parametrice.

**Stabilizatoare cu reacție.** Funcționarea lor se bazează pe utilizarea unei scheme de amplificator cu reacție negativă. În acest caz tensiunea de ieșire se menține constantă printr-un proces de reglare automată la care tensiunea de ieșire sau o fracțiune din ea se compară cu o tensiune de referință. Semnalul diferență, numit și de eroare, este amplificat sau nu și comandă elementul de reglare a tensiunii de ieșire pentru a restabili valoarea prescrisă.

După existența sau nu a unui amplificator de eroare, stabilizatoarele cu reacție pot fi:

- stabilizatoare cu reacție, fără amplificator de eroare și
- stabilizatoare cu reacție, cu amplificator de eroare.

După poziția elementului de reglare a tensiunii de ieșire în raport cu rezistența de sarcină, stabilizatoarele cu reacție se împart în:

- stabilizatoare serie,
- stabilizatoare paralel (derivație).

Cele două metode de stabilizare a tensiunii, metoda serie și cea paralel, prezintă atât avantaje cât și dezavantaje. Astfel:

- stabilizarea paralel prezintă avantajul unei construcții mai simple iar în caz de scurtcircuit accidental la ieșire tranzistorul folosit ca element de reglare nu se distruge deoarece tensiunea la bornele sale este nulă ( $U_{CE}=0$ ).
- stabilizarea serie conduce la scheme mai complexe dar asigură un reglaj mai bun al tensiunii stabilizate și randament mai mare, comparativ cu stabilizarea paralel. O scurtcircuitare accidentală a ieșirii la masă poate distruge tranzistorul regulator serie. Pentru evitarea efectelor unui scurtcircuit, stabilizatoarele de acest tip sunt prevăzute cu circuite speciale de protecție care sunt fie limitatoare de curent (limitează intensitatea curentului prin sarcină la o valoare preroglată), fie circuite care deconectează alimentarea, îndată ce a fost depășită o anumită intensitate a curentului prin sarcină.

Tehnologia actuală oferă o multitudine de posibilități de realizare a unui stabilizator de tensiune cu reacție. Astfel acestea pot fi fabricate atât cu componente discrete (diode,

tranzistoare, amplificatoare operaționale), cât și în variantă integrată (cu circuite hibride sau monolitice specializate). Stabilizatoarele din prima categorie sunt denumite în prezentul curs **stabilizatoare de tensiune realizate cu amplificatoare operaționale (AO)**, iar cele din categoria a doua **stabilizatoare de tensiune integrate**.

## 8.2 Stabilizatoare de tensiune realizate cu amplificatoare operaționale

Stabilizatoarele de tensiune realizate cu amplificatoare operaționale (AO) sunt stabilizatoare cu componente discrete la care ca amplificator de eroare se folosește un amplificator operațional în configurație neînversoare (fig.8.1). Pe intrarea neînversoare se aplică tensiunea de referință, obținută de exemplu de la un stabilizator parametric, iar pe intrarea inversoare se aplică o fracțiune din tensiunea stabilizată, obținută de la un divizor al tensiunii de ieșire. AO având amplificarea în buclă deschisă foarte mare, lucrează astfel încât potențialul bornei inversoare să fie mereu egal cu cel al bornei neînversoare. Orice abatere a tensiunii de ieșire care determină o dereglare a acestei egalități înseamnă apariția unei tensiuni diferențiale, de o anumită polaritate, în funcție de sensul de variație a tensiunii de ieșire (creștere sau micșorare).

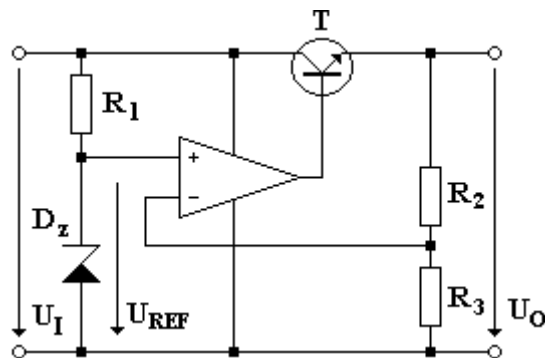


Fig. 8.1. Schema de principiu a unui stabilizator cu reacție și amplificator de eroare realizat cu AO.

De exemplu, o scădere a tensiunii de ieșire determină apariția unei tensiuni diferențiale pozitive, care înseamnă o creștere a curentului de ieșire al AO, față de situația anterioară modificării tensiunii de ieșire. În acest fel crește și intensitatea curentului de comandă în baza tranzistorului regulator. Ca urmare tensiunea colector-emitor a acestuia scade iar tensiunea de ieșire revine la valoarea prerreglată.

Deoarece tranzistorul serie este repetor pe emitor (repetor de tensiune), stabilizatorul din fig.8.1 se comportă ca un AO de putere (tranzistorul serie realizează o amplificare de curent), în configurație neînversoare (fig.8.2).

Expresia tensiunii de ieșire este, conform relației amplificării de la configurația neînversoare:

$$U_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) U_{REF} \quad (8.1)$$

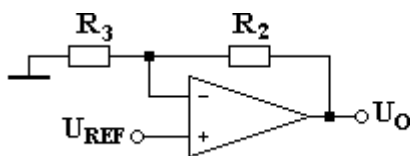


Fig. 8.2. Circuitul echivalent de calcul a tensiunii stabilizate pentru circuitul din fig. 8.1.

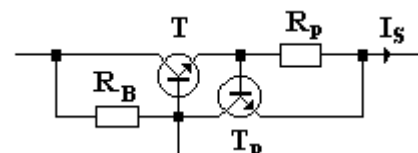


Fig. 8.3. Schema circuitului de protecție prin limitare.

În caz de suprasarcină sau de scurtcircuit accidental al ieșirii la masă, curentul prin tranzistorul serie T poate crește mult și se depășește puterea maximă admisibilă pe care acesta o

poate disipa. Pentru a preveni distrugerea tranzistorului T se folosesc circuite de protecție care pot fi:

- circuite de protecție prin limitarea curentului de suprasarcină (circuite de protecție cu caracteristică rectangulară) și
- circuite de protecție prin micșorarea curentului de suprasarcină (circuite de protecție prin întoarcerea caracteristicii)

Circuitul de protecție din fig.8.3 este un exemplu de circuit de protecție prin limitarea curentului de suprasarcină. Funcționarea lui este următoarea: în mod normal tranzistorul de protecție  $T_P$  este blocat. Când curentul de sarcină  $I_S$  depășește o anumită valoare, la care căderea de tensiune pe rezistența de protecție  $R_P$  devine egală cu tensiunea de deschidere a joncțiunii bază-emitor a tranzistorului  $T_P$ , acesta intră în conducție. Căderea de tensiune produsă de curentul de colector al tranzistorului de protecție  $T_P$  pe rezistența  $R_B$  conduce la creșterea tensiunii pe tranzistorul de control T. Deoarece căderea de tensiune pe o joncțiune bază-emitor este aproximativ constantă, înseamnă că și căderea de tensiune pe rezistența  $R_P$  este constantă și deci are loc o limitare a curentului de sarcină  $I_S$ .

Chiar dacă are loc o limitare a curentului de sarcină, puterea disipată de tranzistorul regulator T poate fi excesiv de mare și T se poate distruge. Situația cea mai defavorabilă este în caz de scurtcircuit la masă a ieșirii, când toată tensiunea de intrare cade pe tranzistor ( $U_{CE(T)}=U_I$ ).

Dacă se presupune că tensiunea de deschidere a joncțiunii bază-emitor a lui  $T_P$  este de 0,65 V și se cunoaște valoarea rezistenței  $R_P$ , curentul limită  $I_{S\text{lim}}$  este dat de relația:

$$I_{S\text{lim}} = \frac{0,65V}{R_P} \quad (8.2)$$

Valoarea de curent calculată cu relația (8.2) este valabilă și în caz de scurtcircuit la ieșire ( $I_{S\text{lim}}=I_{SC}$ ).

Caracteristica externă din fig.8.4, numită **caracteristică de protecție rectangulară**, este proprie unui *stabilizator de tensiune cu limitare de curent*.

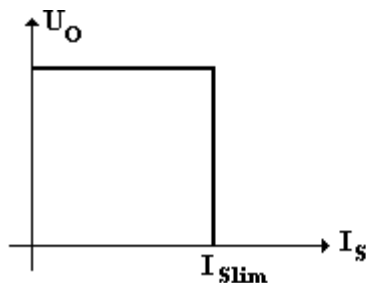


Fig. 8.4. Caracteristica de protecție rectangulară.

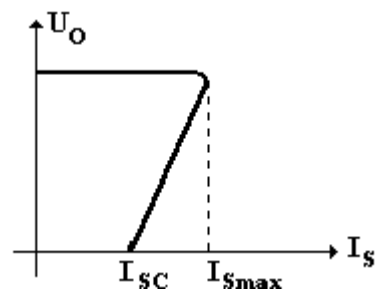


Fig. 8.5. Caracteristica de protecție prin întoarcere.

De exemplu dacă  $R_P$  are valoarea de  $1\Omega$ , rezultă  $I_{S\text{lim}}=I_{SC}=0,65A$ .

În caz de scurtcircuit puterea disipată de tranzistorul regulator este:

$$P_{d(T)} \cong U_I \times I_{SC} \quad (8.3)$$

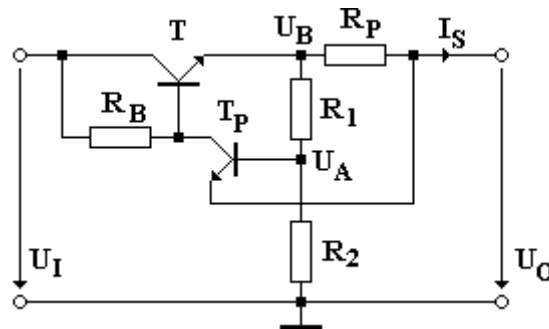
deoarece  $U_O=0$ .

De exemplu dacă  $U_I=30V$  și  $I_{SC}=1A$ , atunci în caz de scurtcircuit la ieșire, tranzistorul regulator trebuie să disipe  $30W$ , ceea ce în cazul unui radiator subdimensionat sau dimensionat greșit doar pentru funcționarea normală a stabilizatorului (când tensiunea colector-emitor a tranzistorului regulator este egală cu  $U_I-U_O < U_I$ ), poate duce la distrugerea tranzistorului serie prin ambalare termică.

O protecție mai eficientă este cea numită **protecție prin întoarcerea caracteristicii**, deoarece în acest caz puterea disipată de tranzistorul regulator scade dacă apare un scurtcircuit la ieșire față de situația de funcționare normală (fig.8.5).

Circuitul de limitare forțează curentul de scurtcircuit  $I_{SC}$  să aibă o valoare mai mică decât curentul limită  $I_{Smax}$  care declanșează procesul de protecție.

În fig.8.6 se prezintă un circuit de protecție prin întoarcerea caracteristicii, alcătuit din tranzistorul de protecție  $T_P$ , rezistorul de sesizare a curentului de suprasarcină,  $R_P$  și rezistoarele  $R_1$  și  $R_2$ .



**Fig. 8.6.** Schema circuitului de protecție prin întoarcerea caracteristicii.

Dacă se neglijează curentul de bază al tranzistorului  $T_P$ , tensiunea  $U_A$  se scrie:

$$U_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_B \quad (8.4)$$

iar tensiunea  $U_B$  depinde de tensiunea de ieșire și de căderea de tensiune pe rezistența de protecție  $R_P$ :

$$U_B = U_O + R_P I_S \quad (8.5)$$

Conform schemei din fig.8.6, tensiunea bază-emitor a tranzistorului  $T_P$  este:

$$U_{BE} = U_A - U_O \quad (8.6)$$

După înlocuirea relațiilor (8.4) și (8.5) în (8.6), se obține:

$$U_{BE} = \frac{R_2 R_P}{R_1 + R_2} I_S - \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_O \quad (8.7)$$

Dacă în această relație se înlocuiește  $U_{BE}$  cu 0,65V se obține valoarea maximă a curentului de sarcină,  $I_{Smax}$ , la care se declanșează procesul de protecție:

$$I_{Smax} = \frac{R_1 + R_2}{R_2 R_P} \times 0,65V + \frac{R_1}{R_2 R_P} U_O \quad (8.8)$$

În caz de scurtcircuit, tensiunea de ieșire este egală cu zero. Dacă în relația (8.8) se face înlocuirea  $U_O=0$ , se poate determina valoarea curentului de scurtcircuit:

$$I_{SC} = \frac{R_1 + R_2}{R_2 R_P} \times 0,65V \quad (8.9)$$

Comparând relațiile (8.8) și (8.9) se observă că  $I_{SC} < I_{Smax}$ .

**Exemplul 8.1.** Se consideră stabilizatorul serie cu amplificator de eroare realizat cu AO din fig.8.1. Să se dimensioneze rezistențele din circuit dacă  $U_I=20V$ ,  $U_{REF}=5,1V$  și  $U_O=12V$ . Se presupune că AO este ideal. Curentul prin dioda Zener este egal cu 5mA iar prin divizorul  $R_2$ ,  $R_3$  curge un curent de aproximativ 1mA. Se vor utiliza rezistoare cu toleranța de 1%.

#### Rezolvare:

Considerând AO ideal, prin intrările sale curentul este nul și astfel:

$$R_1 = \frac{U_I - U_{REF}}{5mA} = \frac{20 - 5,1}{5mA} = 2,98k\Omega$$

Deoarece prin divizorul conectat în paralel cu ieșirea stabilizatorului circulă 1mA rezultă:

$$R_2 + R_3 = \frac{U_O}{1mA} = \frac{12V}{1mA} = 12k\Omega$$

Pentru a determina valorile fiecărei rezistențe din divizorul de la ieșire se ține seama de faptul că în cazul AO ideal tensiunile individuale de pe cele două intrări sunt forțate să fie egale. Rezultă:

$$\frac{U_o}{U_{REF}} = \frac{R_2 + R_3}{R_3}$$

de unde:

$$R_3 = \frac{U_{REF}}{U_o} \cdot (R_2 + R_3) = \frac{5,1V}{12V} \cdot 12k = 5,1k\Omega$$

iar

$$R_2 = 12 + 5,1 = 6,9k\Omega$$

Conform Anexei 1 valorile standardizate de rezistențe care satisfac cererea din enunț sunt:

$$R_1 = 3,01k\Omega; R_2 = 6,98k\Omega; R_3 = 5,11k\Omega$$

### 8.3 Stabilizatoare de tensiune integrate

Stabilizatoarele de tensiune integrate sunt de construcție monolitică și se încadrează în categoria stabilizatoarelor cu reacție, cu element de reglare serie și cu amplificator de eroare. În principiu, schema electrică nu diferă de schema stabilizatorului cu elemente discrete. Există totuși o deosebire majoră care constă în utilizarea unor tehnici de circuit destul de complexe, pentru a se obține performanțe ridicate.

#### 8.3.1 Stabilizatoare de tensiune integrate din prima generație

Primele tipuri de stabilizatoare monolitice, ca de exemplu  $\mu A723$ , LM 304 și LM305 sunt incluse în generația întâi 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:

- surse stabilizate de tensiune pozitivă sau negativă, cu nivel de tensiune programabil în limite mari;
- surse cu domeniu extins al curenților de sarcină;
- surse cu posibilitatea limitării curentului de sarcină;
- surse în comutație;
- generatoare de curent constant.

În fig.8.7 se prezintă schema bloc și configurația terminalelor pentru stabilizatorul monolitic  $\beta A723$  ( $\mu A723$ ). Se fabrică în două variante:  $\beta A723$  simplu, fără nici un sufix și  $\beta A723C$ , la care apare sufixul C. Deosebirea dintre cele două tipuri de circuite constă în valoarea maximă a tensiunii de intrare nestabilizate care se poate aplica la intrarea lor,  $U_I$ . Astfel:

- la  $\beta A723$   $U_{I,max}=40V$
- la  $\beta A723C$   $U_{I,max}=30V$

Aceste circuite se folosesc la realizarea unor stabilizatoare cu reacție, cu element de reglare serie și asigură o tensiune de ieșire reglabilă între:

- 2 și 37V la  $\beta A723$ ;
- 2 și 27V la  $\beta A723C$ .

Gama tensiunii de intrare este:

- la  $\beta A723$   $U_I=9,5 \div 40V$ ;
- la  $\beta A723C$   $U_I=9,5 \div 30V$ .

Diferența de tensiune dintre intrare și ieșire are valoarea:

- la  $\beta A723$   $U_o-U_I=3 \div 38V$ ;
- la  $\beta A723C$   $U_o-U_I=3 \div 28V$ .

Tensiunea de referință, disponibilă la pinul 6, are o toleranță de aproximativ 5% și este:

- $U_{REF}=6,8 \div 7,6V$ , tipic 7,15V

Ambele tipuri de circuite asigură un curent maxim de sarcină egal cu 150mA (prin tranzistorul intern  $T_{15}$ ). Pentru creșterea valorii curentului de sarcină se utilizează tranzistoare externe în conexiune Darlington.

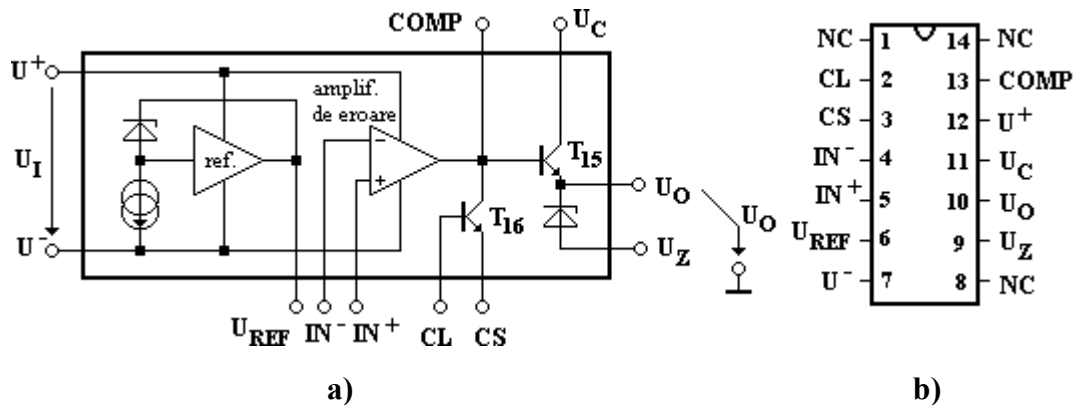


Fig. 8.7. Stabilizatorul monolitic  $\beta A723$ . a) Structura internă. b) Configurația pinilor.

**Observație:** în catalog toate terminalele de tensiune sunt notate cu  $V$  (de la voltage - tensiune în limba engleză).

Tranzistorul de protecție (intern)  $T_{16}$  poate fi conectat fie pentru a asigura o caracteristică de protecție rectangulară, fie o caracteristică de limitare prin întoarcere. Terminalul CL (Current Limit) se numește *terminal de limitare a curentului*, iar terminalul CS (Current Sense), *terminal de sesizare a curentului*.

Între borna COMP și  $IN^-$  se conectează un condensator cu valoarea cuprinsă între 100pF și 5÷20nF pentru a evita intrarea în oscilație a amplificatorului de eroare. Cu cât valoarea curentului de sarcină este mai mare trebuie să crească și valoarea capacității de compensare.

Sursa pentru tensiunea de referință a fost descrisă în Capitolul 3, paragraful 3.3.2. Sursa produce o tensiune de referință cu valoarea tipică de 7,15V, care poate fi coborâtă până la 2V cu un divizor rezistiv conectat în exterior între borna  $U_{REF}$  și masă. Curentul maxim admis din borna  $U_{REF}$  este de 15mA, tipic 1mA.

Amplificatorul de eroare este de tipul unui etaj diferențial care are o amplificare de 60dB și permite aplicarea la intrarea sa a unei tensiuni diferențiale de maximum 5V.

Conform datelor de catalog [8, p75] cu ajutorul acestui stabilizator monolitic se poate realiza una din următoarele configurații:

- stabilizator de tensiune scăzută ( $U_o=2...7V$ );
- stabilizator de tensiune mare [ $U_o=7...27$  (37)V];
- stabilizator de tensiune pozitivă cu tranzistor extern pnp;
- stabilizator de tensiune pozitivă cu tranzistor extern npn;
- stabilizator de tensiune negativă;
- stabilizator de tensiune în regim flotant;
- stabilizator de tensiune în regim de comutație;
- stabilizator de tensiune comandat;
- stabilizator de tensiune paralel.

În fig.8.8 se prezintă conexiunile cu ajutorul cărora se obține fie o tensiune de maxim 7V (fig.8.8,a) fie mai mare de 7V (fig.8.8,b). Aceste circuite pot debita un curent maxim  $I_{Omax}=150mA$ . Limitarea acestui curent se realizează cu ajutorul rezistenței de protecție la scurtcircuit,  $R_{SC}$ . Această rezistență nu protejează stabilizatorul, ci limitează doar curentul, realizând o caracteristică rectangulară. Valoarea acestei rezistențe pentru curentul maxim de 150mA, considerând căderea de tensiune pe o joncțiune de 0,65V este:

$$R_{SC} = \frac{U_{BE16}}{I_{Omax}} \cong \frac{0,65V}{150mA} = 4,33\Omega$$

Rezistențele  $R_1$  și  $R_2$  ale divizorului de tensiune se calculează în funcție de tensiunea de referință  $U_{REF}$  și de tensiunea stabilizată de la ieșirea circuitului,  $U_{IES}$ , considerând amplificatorul de eroare ca un amplificator operațional ideal (situație în care potențialul intrării inversoare este egal cu cel al intrării neinversoare).

Cu aceste observații, pentru circuitul din fig.8.8,a, unde tensiunea stabilizată are valori cuprinse între 2 și 7V, se scrie:

$$\frac{U_{IES}}{U_{REF}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (8.10)$$

Pentru circuitul din fig.8.8,b, unde tensiunea stabilizată are valori cuprinse între 7 și 27 (37)V, este valabilă relația:

$$\frac{U_{IES}}{U_{REF}} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (8.11)$$

Pentru ca intrările AO - amplificator de eroare să "vadă" rezistențe egale spre masă, rezultă pentru  $R_3$  valoarea:

$$R_3 = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (8.12)$$

și nu este critică, stabilizatorul lucrând și fără acest rezistor.

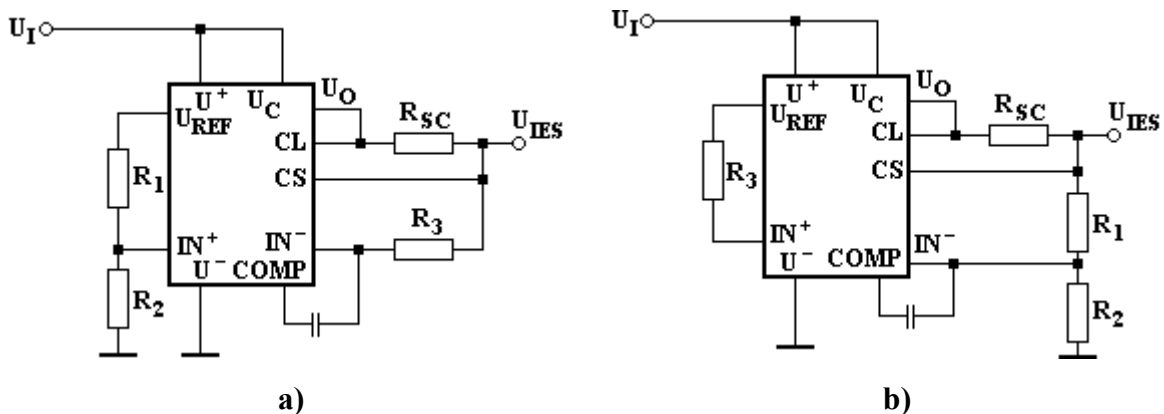


Fig. 8.8. Stabilizator de tensiune cu circuitul integrat  $\beta A723$ .

a) pentru  $U_{IES} < U_{REF}$ . b) pentru  $U_{IES} > U_{REF}$ .

**Exemplul 8.2.** Să se dimensioneze rezistențele unui stabilizator realizat cu CI  $\beta A723$  care trebuie să furnizeze o tensiune de 5V. Se va presupune că prin rezistoare circulă un curent de aproximativ 1mA și că tensiunea de referință este egală cu 7,15V. Se vor utiliza rezistoare cu toleranța de 1%.

### Rezolvare:

Tensiunea de ieșire fiind mai mică decât cea de referință, rezultă că schema stabilizatorului este cea din fig.8.8,a. Dacă prin  $R_1$  și  $R_2$  circulă un curent de 1mA, înseamnă că:

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{REF}}{1mA} = 7,15k\Omega$$

Aplicând relația (8.10) se obține:

$$R_2 = \frac{U_{IES}}{U_{REF}} (R_1 + R_2) = \frac{5V}{7,15V} \cdot 7,15k\Omega = 5k\Omega$$

iar

$$R_1 = 2,15k\Omega$$

Conform Anexei 1 valorile standardizate de rezistențe care satisfac cererea din enunț sunt:

$$R_1 = 4,99k\Omega$$

$$R_2 = 2,15k\Omega$$



**Exemplul 8.3.** a) Să se dimensioneze rezistențele unui stabilizator realizat cu CI  $\beta A723$  care trebuie să furnizeze o tensiune de 15V. Se va presupune că prin rezistoare circulă un curent de aproximativ 1mA și că tensiunea de referință este egală cu 7,15V. Se vor utiliza rezistoare cu toleranța de 1%.

b) Presupunând că circuitul trebuie să debiteze un curent de 100mA, să se determine valoarea rezistenței  $R_{SC}$  și puterea disipată de aceasta. Se presupune căderea de tensiune pe o joncțiune egală cu 0,65V.

#### Rezolvare:

a) Tensiunea de ieșire fiind mai mare decât cea de referință, rezultă că schema stabilizatorului este cea din fig.8.8,b. Dacă prin  $R_1$  și  $R_2$  circulă un curent de 1mA, înseamnă că:

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{IES}}{1mA} = \frac{15V}{1mA} = 15k\Omega$$

Aplicând relația (8.11) se obține:

$$R_2 = \frac{U_{REF}}{U_{IES}}(R_1 + R_2) = \frac{7,15V}{15V} \cdot 15k\Omega = 7,15k\Omega$$

iar

$$R_1 = 15 - 7,15 = 7,85k\Omega$$

Conform Anexei 1 valorile standardizate de rezistențe care satisfac cererea din enunț sunt:

$$R_1 = 7,87k\Omega$$

$$R_2 = 7,15k\Omega$$

b) Dacă  $I_{Omax}=100mA$  și  $U_{BE16}=0,65V$  se obține:

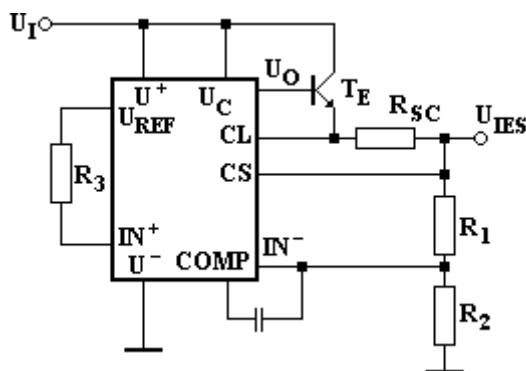
$$R_{SC} = \frac{U_{BE16}}{I_{Omax}} = \frac{0,65V}{100mA} = 6,5\Omega$$

Puterea disipată de  $R_{SC}$  este:

$$P_d = R_{SC} \cdot I_{Omax}^2 = 6,5 \cdot 0,1^2 = 65mW$$

Se poate utiliza rezistor cu putere disipată de 0,25W.

Pentru creșterea curentului maxim de sarcină, se conectează la ieșire unul sau mai multe tranzistoare de putere, în conexiune Darlington. În fig.8.9 se prezintă un stabilizator realizat cu CI  $\beta A723$ , cu tranzistor extern  $T_E$  și tensiune de ieșire mai mare decât cea de referință.



**Fig. 8.9.** Stabilizator de tensiune realizat cu  $\beta A723$  și gamă mărită pentru curentul de ieșire.

### 8.3.2 Stabilizatoare de tensiune integrate din generația a doua

Stabilizatoarele de tensiune din generația a doua, comparativ cu cele din prima generație, oferă performanțe electrice superioare. Stabilizatoarele din generația a doua sunt CI de putere putând debita puteri de 10÷100W și sunt livrate în capsule cu trei terminale ca și tranzistoarele de putere (TO-3 sau TO-5). Se pot monta pe radiatoare.

Aceste stabilizatoare oferă următoarele avantaje:

- schemele de protecție sunt integrate;

- rețeaua de compensare în frecvență este integrată pe cip;
- în schemele aplicative necesită puține componente;
- furnizează la ieșire curenți de ordinul amperilor.

Tipurile reprezentative sunt:

- pentru tensiuni pozitive: LM338 (TO-3, 5A), LM350 (TO-3, 3A) și LM317 (TO-3, 1,5A);
- pentru tensiuni negative: LM337.

În fig.8.10 se prezintă un stabilizator de tensiune pozitivă, de tip flotant, realizat cu CI LM317. Tensiunea stabilizată este reglabilă între 1,2 și 37V, curentul maxim de sarcină fiind de 1,5A (la varianta românească, ROB317, curentul maxim de sarcină este de 0,5A). Circuitul poate fi considerat ca fiind constituit dintr-o diodă Zener de 1,2V, polarizată cu un curent constant  $I_{AJ}=50\mu A$ , conectată la intrarea neinversoare a unui AO cu o amplificarea de 80dB, care comandă tranzistorul regulator T.

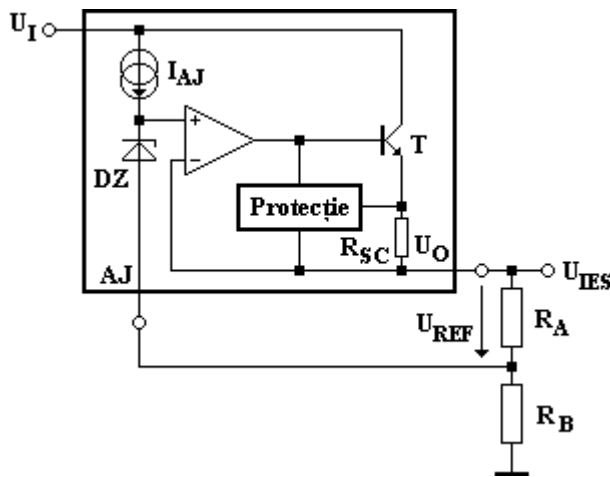


Fig. 8.10. Schema bloc a stabilizatorului integrat LM317.

Mărimea tensiunii de ieșire se poate ajusta cu ajutorul rezistoarelor exterioare  $R_A$  și  $R_B$ , conform relației:

$$U_{IES} = U_{REF} \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right) + R_B I_{AJ} \quad (8.13)$$

unde  $U_{REF}=1,2V$  și  $I_{AJ}=50\mu A$ .

**Important:** pentru funcționarea normală a stabilizatorului este nevoie de o sarcină care să asigure un curent de cel puțin 10mA. Ca urmare  $R_A$  și  $R_B$  trebuie să satisfacă condiția:

$$\frac{U_{IES}}{R_A + R_B} \geq I_{Omin} = 10mA \quad (8.14)$$

**Exemplul 8.4.** Să se dimensioneze rezistențele pentru un stabilizator realizat cu LM317 care trebuie să debiteze o tensiune de 15V.

#### Rezolvare:

Din relația (8.14) se găsește că rezistoarele  $R_A$  și  $R_B$  trebuie să îndeplinească condiția:

$$R_A + R_B = \frac{U_{IES}}{10mA} = \frac{15V}{10mA} = 1500\Omega$$

Neglijând căderea de tensiune  $R_B I_{AJ}$  în relația (8.13), se pot determina valorile rezistențelor  $R_A$  și  $R_B$ :

$$R_A = \frac{U_{REF}}{U_{IES}} (R_A + R_B) = \frac{1,2V}{15V} \cdot 1500\Omega = 120\Omega$$

$$R_B = 1500 - 120 = 1380\Omega$$

Valoarea reală a tensiunii de ieșire este, conform relației (8.13):

$$U_{IES,real} = 1,2V \cdot \frac{1500\Omega}{120\Omega} + 1380\Omega \cdot 50 \cdot 10^{-6} A = 15,069V$$

Eroarea relativă introdusă prin neglijarea termenului  $R_{B}I_{AJ}$  este

$$\varepsilon = \frac{U_{IES,real} - U_{IES}}{U_{IES}} \cdot 100[\%] = \frac{15,069 - 15}{15} \cdot 100 = 0,46\%$$

Valoarea erorii fiind mică, calculele se pot face fără să se țină seama de influența termenului  $R_{B}I_{AJ}$ .

### 8.3.3 Stabilizatoare de tensiune fixă

Stabilizatoarele de tensiune fixă s-au proiectat în ideea unei stabilizări locale a tensiunii de alimentare pe modulele cu circuite integrate. Aceste stabilizatoare prezintă avantajul simplității maxime de utilizare deoarece nu necesită componente externe. De asemenea sunt avantajoase din punct de vedere al raportului cost-performanță. Capsulele sunt prevăzute doar cu trei terminale, existând posibilitatea montării lor pe radiator.

Stabilizatoarele de tensiune fixă au următoarele **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, este, în general, independent de temperatură;
- stabilizatoarele conțin un circuit de menținere a funcționării tranzistorului serie în aria de siguranță;
- circuitul de protecție intern asigură imunitate la scurtcircuitarea ieșirii la masă pe o durată nedefinită.

Nivelul de performanță a stabilizatoarelor de tensiune fixă este inferior celor de uz general din generația a doua.

Tipurile reprezentative de stabilizatoare de tensiune fixă sunt:

a) stabilizatoare de tensiune pozitivă:

- LM323 (TO3 - 3A) și LM309 (TO3 - 1,5A), cu tensiunea de ieșire de 5V;
- seria  $\mu A78XX$  (TO3 - 1,5A, TO202 - 0,5A), cu tensiunile de ieșire de: 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18 și 24V. Grupul XX se înlocuiește cu 05, 06, ..., 24;

b) stabilizatoare de tensiune negativă:

- LM345 (TO3 - 3A) cu tensiunea de ieșire egală cu -5V;
- seria  $\mu A79XX$  (TO3 - 1,5A, TO202 - 0,5A), cu tensiunile de ieșire de: -5, -6, -8, -9, -12, -15 și -24V. Grupul XX se înlocuiește cu 05, 06, ..., 24.

În fig.8.11 se prezintă modul de conectare în circuit a unui stabilizator de tensiune fixă, pozitivă.

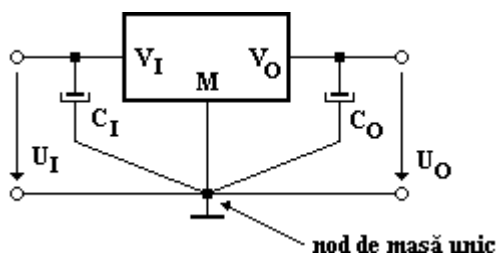


Fig. 8.11. Ilustrarea modului de conectare a unui stabilizator de tensiune fixă pozitivă.

Se remarcă legarea tuturor conexiunilor de masă într-un singur nod (la terminalul M al circuitului integrat). În acest fel se evită apariția unor curenți prin bucla de masă (curenți între puncte de masă diferite).

Când stabilizatorul integrat se plasează la o distanță mai mare de 5cm față de filtrul redresorului (fenomen ce se întâlnește frecvent), trebuie să se conecteze la intrare condensatorul  $C_I$ .

Cuplarea la ieșire a condensatorului  $C_O$ , necesar la stabilizatoarele de tensiune negativă din motive de compensare în frecvență, reduce impedanța de ieșire la frecvențe mari, unde amplificarea în buclă deschisă a amplificatorului de eroare începe să scadă.